

Zur Physiologie der Krustenflechten.

Von

E. Bachmann.

Mit 5 Kurventafeln im Text.

In seinen »Morphologischen und biologischen Untersuchungen über die Flechten« spricht Zukal¹ in der zweiten Abhandlung, S. 22 die Ansicht aus, daß die Versenkung des Lagers gewisser Flechten, gemeint sind endolithische Kalkflechten, in Kalkgestein den Zweck habe, sie gegen Tierfraß zu schützen. Da sie meist ganz in den Kalk versenkt sind, würde der Schutz ein absoluter sein, wirksamer als alle anderen Schutzmittel, die gegen Tierfraß aufgezählt worden sind.

Es hat mir jedoch nie einleuchten wollen, daß dies der einzige, ja der wichtigste Vorteil der Versenkung in Kalk sei, vielmehr habe ich schon früher² den Standpunkt vertreten, daß er in der Wasserversorgung gesucht werden müsse und ich konnte durch einige Versuche mit künstlicher Bewässerung die Wahrscheinlichkeit meiner Annahme beweisen. Volle Bestätigung haben die im Laufe des vergangenen Sommers ausgeführten umfassenden Versuche gebracht.

Zunächst habe ich bloß Kalkflechten, meist endolithische, aber auch etliche epilithische auf ihre Aufnahmefähigkeit für Wasser und ihr Bestreben, das aufgenommene festzuhalten untersucht. Als nach Abschluß dieser Versuchsreihen eine Probe mit einer epilithischen Kieselflechte ein überraschend hohes Aufnahmevermögen für Wasser ergab, habe ich auch noch andere Flechten dieser Art untersucht, die Ergebnisse sämtlich protokolliert und auf Millimeterpapier übertragen.

¹) Zukal, Hugo, Sitzgsber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien. Math.-nat. Kl. Abt. I. 1895. 104.

²) Bachmann, E., Der Thallus der Kalkflechten. Vorl. Mitt. Ber. d. d. bot. Ges. 1914. 31, 9.

Die beiden obengenannten Eigenschaften konnten selbstverständlich nur aus vergleichenden Versuchen abgeleitet werden. Die Vergleiche erstreckten sich zuerst auf Kalkflechten und flechtenfreien „Kontrollkalk“ gleicher Beschaffenheit von demselben Fundort. Dann wurden auch Kalkflechten unter sich, Kieselflechten unter sich, sowie Kalk- und Kieselflechten miteinander verglichen. Das ergab folgende Versuchsreihen:

I. Kalkflechten verglichen mit Kontrollkalk:

1. *Verrucaria calciseda* (endolith.) und Kontrollkalk, *Aspicilia farinosa* (epilith.) und Kontrollkalk.
2. *Thelochroa Montinii* auf *Verrucaria parmigera* und Kontrollkalk.
3. *Verrucaria fusca* (epilith.) und Kontrollkalk.
4. *Amphoridium Hochstetteri*, *Verrucaria marmorea* und Kontrollkalk.

II. Kalkflechten unter sich.

A. Mit *Chroolepusgonidien*:

1. *Gyalecta cupularis* und *Jonaspis Prevostii*,
2. *Gyalecta cupularis*, *Opegrapha saxicola* und *Sagedia persicina*.

B. Mit *Chroolepusgonidien* gegen eine Kalkflechte mit *Pleurococcusgonidien*:

3. *Gyalecta cupularis*, *Jonaspis Prevostii* und *Verrucaria calciseda*.

III. Kieselflechten untereinander:

1. *Lecidea fuscocinerea* und *Lecidea albocaerulea*, f. *alpina*.
2. *Aspicilia silvatica* und *Aspicilia laevata*, f. *albicans*.
3. *Lecanora badia* aus Südtirol mit derselben aus dem Erzgebirge.

IV. Zwei Kalkflechten mit einer Kieselflechte:

- Lecanora badia* (Tirol) mit *Amphoridium Hochstetteri* und *Verrucaria calciseda*.

Methodisches.

Die Versuche wurden ausschließlich mit Flechten ausgeführt, die schon jahrelang im Herbar gelegen hatten, also tot waren.

Im lufttrockenen Zustande auf einer chemischen Analysenwage gewogen, ergaben sie regelmäßig ein um einige cg höheres Gewicht als nach halbstündigem Erhitzen in einem Wärmeschränkchen bis zu 60, wenigstens aber 50°. In der Natur wird innerhalb unserer Breiten diese Gesteinstemperatur selbst bei direkter Bestrahlung in glühendster Mittagshitze wohl nie überschritten, wenn überhaupt erreicht werden; am heißesten Tage des vergangenen Sommers, dem 29. Juli, habe ich 44° als Höchstmaß erhalten. Nachdem die Steine aus dem Wärmeschrank genommen und gewogen worden waren, wurden sie noch 1—2 Stunden lang ins Freie gelegt und von Neuem gewogen. Das hierbei gefundene Gewicht wurde als Normalgewicht auf die Nulllinie des Millimeterpapieres eingetragen. Bei den Wägungen wurden die mg nach oben auf halbe oder ganze cg abgerundet, weil 1 mm des Kurvenpapieres gleich 1 cg gesetzt werden mußte.

Die Wasseraufnahme wurde in der Weise ermöglicht, daß die Steinstücke dem Regen in einer offenen Veranda oder einem Garten, dem Tau nur in letzterm ausgesetzt wurden. Selten, nämlich in Zeiten andauernder Trockenheit, wurden sie künstlich bewässert. Das geschah so, daß aus einem Tropffläschchen reines Wasserleitungswasser auf die Oberfläche des Steinstücks getropft wurde, je nach der Grösse des Steins 4—12 Tropfen, von denen 16 auf 1 ccm gehen. Mit einem weichen Pinsel ist das Wasser über seine Oberseite ausgebreitet und der Überschuß durch momentanes Aufrichten auf die Kante zum Abfließen gebracht worden. Bei den hierauf vorgenommenen Wägungen ergaben anfangs die flechtenfreien Kontrollsteine auffälligerweise eine höhere Gewichtszunahme als die Flechtenkalke. Das änderte sich, als ich auf das Verreiben des in 3—4 kleinen Portionen zugeführten Wassers 5 Minuten verwendete weil dann die Flechtenkalke alles Wasser verschluckten¹. Trotzdem bietet diese Art der Wasserzuführung keinen Ersatz für die natürliche, die bei heftigen Gewitterregen wenigsten 15 Mi-

¹) Noch praktischer ist es, die Steinstücke mit der flechtenbewachsenen Seite nach unten in eine flache Entwicklerschale, die eine 2—3 mm hohe Wasserschicht enthält, zu legen und darin 5—10 Minuten liegen zu lassen; dieses Verfahren habe ich vom 2. September an, wenn es nicht regnen wollte, angewandt.

nuten, bei leisem Regen stundenlang gedauert hat. — Um die Wirkung des Taues richtig zu erkennen, ist es unbedingt nötig, die Steine im Garten auszulegen, denn auf dem Holzboden der offenen Veranda erfolgt eine wesentlich geringere Abkühlung des Steins und dementsprechend eine schwächere Ansammlung flüssigen Wassers. Selbstverständlich dürfen die Proben nicht unmittelbar auf den Erdboden gelegt werden, weil sonst Erdteilchen an der feuchten Unterseite haften bleiben und das Wägungsergebnis fälschen würden. Sie wurden in Zigarettenkästchen aus Weißblech an den verschiedenen Örtlichkeiten ausgestellt, in ihnen auch zur Wage hin und wieder zurückgetragen. Zu allen Versuchen wurden feste Gesteinsarten benutzt; abbröckelnde wie Sandstein, Schiefer u. a. eignen sich nicht dazu, weil man mit ihnen keine zuverlässigen Wägungen ausführen kann.

Um die Festigkeit, mit der das aufgenommene Wasser festgehalten wird, zu prüfen, habe ich die Gesteinsstücke der direkten Bestrahlung von früh bis nachmittag 4 Uhr ausgesetzt oder sie den ganzen Tag über davor geschützt. Letzteres wurde dadurch erreicht, daß sie in einem nach Süden gelegenen Zimmer auf dem Wagekasten ausgelegt wurden, meist aber wurden sie in dem bedachten Abschnitt einer nach 2 Seiten offenen, nach Osten gelegenen Veranda untergebracht, gegen Abend manchmal auch in einem Nordzimmer. Der direkten Bestrahlung konnten sie in den ersten Morgenstunden vor dem Südzimmer oder bis 11 Uhr im unbedachten Teil der Veranda, von da bis 2 Uhr im Südzimmer, von 2—4 bzw. 4 $\frac{1}{2}$ Uhr im Westzimmer ausgesetzt werden. — Die dabei auftretenden Temperaturen sind mit einem wenig empfindlichen Quecksilberthermometer gemessen worden, bei indirekter Bestrahlung bloß die Lufttemperaturen, bei direkter auch die des Gesteins. Dabei wurde das Quecksilbergefaß stets der dunkelsten von den Flechten angedrückt, die jeweilig untersucht wurden.

Einer Zusammenstellung der allgemeinen Ergebnisse meiner Untersuchungen und der besonderen Eigenheiten bestimmter Flechtenarten muß eine Betrachtung über die Wege, welche

das Wasser einschlagen kann, wenn es auf flechtenbewachsene Kalke trifft, vorausgeschickt werden.

Theoretisch betrachtet, gibt es für jedes kristallinische Gestein zwei Wege: 1. Die Grenzen zwischen den verkrüppelten Kristallen, die, wie Dünnschliffe lehren, lückenlos aneinander stoßen und ganz unregelmäßig verlaufen, 2. die sogenannten Blätterdurchgänge, welche geradlinig verlaufen und sich in gesetzmäßigen Winkeln schneiden. Ist ein Kalk von einer endolithischen Flechte durchsetzt, so wird das Wasser auch noch längs der Hyphen ins Innere dringen können. Daß dieser letzte Weg bevorzugt wird, zeigte sich bei folgendem Versuch: Ein Dünnschliff durch grobkörnigen, mit *Verrucaria parmigera* Steinr. bewachsenen Kalk wurde nach sorgfältiger Befreiung von allem Kanadabalsam 5 Minuten in 3proz. Tanninlösung, hierauf ebensolange in Eisenchloridlösung von der gleichen Konzentration gelegt, mit Wasser abgespült, getrocknet und in Kanadabalsam eingebettet. Jetzt zeigte sich, daß der ganze Außenrand bis in eine Tiefe von höchstens 90 μ tief-schwarz gefärbt war, d. h. die Epinekral- und Gonidienschicht haben das Ferritannat überaus reichlich aufgenommen. An den beiden Seitenrändern hatten sich die rhizoidalen Hyphen bis zu 400 μ Tiefe dunkel gefärbt. Die Kristallränder und die Blätterdurchgänge waren farblos geblieben; sie scheinen demnach für beide benutzte Flüssigkeiten unwegsam zu sein. — Ein anderer Dünnschliff, kurze Zeit in alkoholische Fuchsinlösung gelegt, färbte sich bald fast gleichmäßig rot. Bei 320facher Vergrößerung aber erschienen die Kristallgrenzen als zarte dunkle Linien um die helleren oder farblosen Kerne herum. Für diese Flüssigkeit sind also auch die Kristallgrenzen wegsam gewesen, wenn auch nicht in gleichem Grade wie die Flechtenhyphen. — Daß sie auch für Wasser wegsam sind, dafür spricht eine Beobachtung, die ich an dem grobkörnigen, polierten Marmor eines Grabmals in Altenberg, Erzgebirge, gemacht habe: der Marmor war von *Lecanora dispersa* (Pers.) Flk. befallen; doch bildete die Flechte bloß an der Wetterseite einige rundliche Lager; übrigens hatte sie sich linienförmig, man könnte fast sagen landkartenartig über den Stein ausgebreitet. Dabei war sie genau den Kristallgrenzen gefolgt, nie den Blätterdurchgängen.

I. Die Aufnahme des Wassers.

Ihren Wasserbedarf decken die untersuchten Flechten teils aus dem flüssigen Wasser des Regens und des Taues, teils aus dem Wasserdampf der Luft. Die letztere Quelle ist die schwächste und tritt nur unter gewissen Bedingungen in Tätigkeit.

A. Die Aufnahme dampfförmigen Wassers.

Sie konnte an der Gewichtszunahme erkannt werden, die unter folgenden Verhältnissen eintrat:

1. Die Gesteinsproben befanden sich nachtsüber bei bewölktem Himmel an einer freien Stelle des Gartens, dessen Pflanzen am frühen Morgen keine Spur von Tau erkennen ließen. Als Gewichtszunahme wurde gefunden bei

Verrucaria calciseda: 2,5 cg. Temperaturabfall gegen den Abend zuvor 30° zu 17°.

Kontrollkalk:	0 cg		
<i>Ionaspis Prevostii</i> :	3 „	Temperaturabfall 20° zu 14°	
<i>Aspicilia silvatica</i> :	1 „	„	23° „ 16°
<i>Aspicilia laevata</i> :	0,5 „		
<i>Lecanora badia</i> (Tirol):	15 „	„	27° „ 21,5°
<i>Lecanora badia</i> (Erzgeb.):	10 „		

2. Der Flechtenkalk und das Kontrollgestein waren nachtsüber bei klarem Himmel unter dichtem Gebüsch im Garten aufgestellt worden; alle Blätter waren vom Tau naß.

Verrucaria calciseda: 4 cg. Temperaturabfall 18,5° zu 13,5°.

Kontrollkalk: — 0,5 g (Gewichtsverlust!).

3. Die Gesteinsproben waren nachtsüber bei klarem Himmel auf der Holzdielen der offenen Veranda oder auf einem Tisch in der bedachten Veranda untergebracht.

a) Auf der unbedachten Veranda:

<i>Amphoridium Hochst.</i> :	6,7 cg		
<i>Verrucaria marmorea</i> :	1,0 „	Temperaturabfall 21° zu 12°	
Kontrollkalk:	0 „		
<i>Lecanora badia</i> (Tirol):	8,8 bis 14 cg		
<i>Amphoridium Hochst.</i> :	4,5 „ 8,3 „	„	18,5° „ 12°
<i>Verrucaria calciseda</i> :	1,0 „ 4,0 „	„	23° „ 15°

b) Auf der bedachten Veranda:

Lecanora badia (Tirol): 9 cg } Temperaturabfall $31,5^{\circ}$ zu 22°
 Lecanora badia (Erzgeb.): 7 „ }

4. In den Abendstunden wärmerer Tage, wenn die Flechten nach direkter Bestrahlung im Süd- oder Westzimmer noch einige Stunden im Nordzimmer oder in der bedachten Veranda gelegen hatten:

a) Lecanora badia (Tirol): 7,5 cg } Temptrabfl. $29,5^{\circ}$ zu $27,5^{\circ}$
 Lecanora badia (Erzgeb.): 10,0 „ }

b) Lecanora badia (Tirol): 3 cg } Temperaturabfall 24° zu $20,5^{\circ}$
 Lecanora badia (Erzgeb.): 0 „ }

5. In den Abendstunden, wenn die Flechten nur in den ersten Morgenstunden direkter Bestrahlung ausgesetzt gewesen sind und von da an immer in der bedachten Veranda gelegen hatten: Verrucaria calciseda: 0,5 cg. Temperaturabfall 25° zu $23,5^{\circ}$. Kontrollkalk: 0,0 „

6. In den Abendstunden, aber ohne vorausgegangene direkte Bestrahlung bei dauerndem Aufenthalte in der bedachten Veranda. Verrucaria calciseda: 0,5 cg. Temperaturabfall $22,5^{\circ}$ zu 20° . Kontrollkalk: — 0,5 „

Aus den angeführten und anderen, den Protokollen zu entnehmenden Beispielen ist ersichtlich:

1. Daß das Aufnahmevermögen für Wasserdampf bei den einzelnen Flechtenspezies sehr verschieden ist. Unter den Kalkflechten steht *Amphoridium Hochstetteri* voran, *Verrucaria marmorea* am Ende der Reihe. Von den Kieselflechten übertrifft *Lecanora badia* (Tirol) alle anderen, auch die Kalkflechten; am weitesten zurück stehen die ihr nahe verwandten *Aspicilia silvatica* und *Asp. laevata*, f. *albicans*. Daß auch individuelle, vielleicht standörtliche Unterschiede bestehen, zeigt die erzgebirgische *Lecanora badia* verglichen mit der Tiroler.

2. Die Aufnahme von Wasserdampf erfolgt um so reichlicher, je größer der Temperaturabfall ist. Deshalb übertrifft der nächtlicherweile erfolgte Gewichtszuwachs die im Laufe der Nachmittagsstunden aufgenommene Wassermenge meist beträchtlich. Das ist auch der Grund, weshalb dieselbe Flechte mehr Wasserdampf aufnimmt, wenn sie bei bewölktem Himmel nachtsüber im Garten auf dem kühlen Erdboden ausgestellt

wird, als auf der Holzdiele der offenen Veranda oder auf dem Tisch der bedachten Veranda —, auch der Grund dafür, daß sie, unter der bedachten Veranda aufgestellt, in klaren Nächten mehr Wasserdampf verschluckt als in trüben.

3. Je mehr Wasser die Flechte schon abgegeben hat, sei es infolge andauernder direkter Bestrahlung, sei es durch künstliche Erwärmung im Wärmeschränkchen, desto größer ist das Bestreben, den erlittenen Verlust durch Aufnahme von Wasserdampf zu ersetzen. So nimmt *Lecanora badia* (Tirol) 1,5 cg, *L. badia* (Erzgeb.) 7 cg dampfförmiges Wasser in 3 Vormittagsstunden beim Liegen in der bedachten Veranda auf, nachdem sie im Wärmeschränk auf 51° erwärmt worden war. — Daß die gleichen Flechten den oben unter 4a angeführten hohen Gewichtszuwachs trotz des geringen Temperaturabfalls (2°) erreichen konnten, ist nur daraus erklärlich, daß ihre Kurven infolge direkter Bestrahlung mit 44° Gesteinstemperatur weit unter die Nulllinie herabgesunken waren.

4. Daß die nächtlicherweile aufgenommene Menge Wasserdampf (wenigstens unter der bedachten Veranda) geringer ist, als die während der Tagesstunden abgegebene Wassermenge, das zeigte u. a. *Amphoridium Hochstetteri*, welches in den drei klaren Nächten vom 18. zum 21. August 6,7, 7,5 und 6,5 cg Wasserdampf verschluckt hatte, trotzdem am Morgen des 21. August 6,2 cg weniger wog als am Morgen des 18. August. Unter natürlicheren Bedingungen, z. B. wenn die Flechte im Garten ausgelegt worden wäre, würde das Ergebnis wahrscheinlich anders geworden sein.

B. Die Aufnahme von Tau.

Sie ist je nach der Stärke der Tauabscheidung verschieden. Von dieser habe ich zwei Grade unterschieden: starken und schwachen Tau. Jener ist daran erkennbar, daß sich die Blätter aller Gartenpflanzen naß anfühlen und daß ihre Oberfläche mehr oder weniger glänzt; bei schwachem Tau zeigten nur Sellerie, Grünkohl und einige andere beide Eigenschaften, Tomaten- und besonders Topinamburblätter nicht. Bei bewölktem Himmel endlich waren alle Blätter matt und trocken.

Von den Versuchssteinen war der Kontrollkalk bei starkem Tau von einem deutlich sichtbaren, dichten Wasserüberzug stark glänzend; bei schwachem Tau war der Glanz geringer, bei bewölktem Himmel fehlte er ganz, auch fühlte sich der Stein trocken an. *Verrucaria marmorea* glänzte bei stärkerem Taufall, *Verrucaria calciseda* nur bei stärkstem, *Amphoridium Hochstetteri*, *Gyalecta cupularis* und *Jonaspis Prevostii* zeigten auch bei stärkstem Tau keine Spur von Glanz und fühlten sich ganz trocken an. Sie verschlucken demnach den Tau gänzlich, *Verrucaria marmorea* kann nur kleine Mengen in sich aufnehmen, der Kontrollkalk gar nichts oder verschwindend wenig.

Die Gewichtszunahme betrug bei starkem Tau für *Verr. calciseda* durchschnittlich 25 cg, für *Amphoridium Hochstetteri* 30, für *Jonaspis Prevostii* bis 59 cg, für *Gyalecta cupularis* bis 21 cg. Für die gleichzeitig mit *Amphoridium Hochstetteri* untersuchte *Ver. marmorea* wurde im Mittel 10 cg, für den Kontrollkalk 12 cg Zuwachs gefunden. Die gleichzeitig mit *Verr. calciseda* untersuchte epilithische Kalkflechte *Aspicilia farinosa* ist durchschnittlich um 4,2, ihr Kontrollkalk um 1,3 cg schwerer geworden. Multipliziert man diese Größen mit 3, weil die mit *Verr. calciseda* bewachsene Kalkprobe 3 mal schwerer war als die mit *Asp. farinosa* überzogene, so ergibt sich für letztere Flechte ein durchschnittlicher Gewichtszuwachs von 12,6 cg, das ist genau die Hälfte von dem der endolithischen Kalkflechte, aber etwas mehr als bei *Verr. marmorea*.

Die untersuchten Kieselflechten stehen an Aufnahmefähigkeit für Tau hinter den Kalkflechten kaum zurück. Denn für *Lecanora badia* (Tirol) beträgt die durchschnittliche Gewichtszunahme 24 cg, die höchste 49 cg, für die gleiche Flechte aus dem Erzgebirge 20 cg, für *Lecidea fuscocinerea* 19 cg, für *Lecidea albocaerulescens*, f. *alpina* 17 cg, für *Aspicilia laevata* 6,3 cg und für *Asp. silvatica* sogar nur 4,9 cg. Glanz zeigt ihr Lager auch beim stärksten Tau nie, folglich müssen sie das aufgenommene Wasser ganz verschluckt haben. Bei schwacher Tauabscheidung beträgt die Gewichtszunahme etwa $\frac{1}{3}$ bis zur Hälfte von den obigen Zahlen.

C. Die Aufnahme von Regen.

Die Gewichtszunahme muß unmittelbar nach Beendigung eines Regenfalles, oder wenn er tagelang anhält, inmitten seines Verlaufs geschehen. Denn nach Schluß des Regens beginnt sofort die Abgabe des aufgenommenen Wassers, so daß man ein zu niedriges Ergebnis bekommt, wenn man z. B. nach einem in der ersten Hälfte der Nacht niedergegangenen Regen erst am folgenden Morgen die Wägung vornimmt. Bei *Verrucaria calciseda* wurde nach einem unmittelbar vor der Wägung erfolgten Frühregen 49 cg, nach einem viertelstündigen Platzregen im Laufe eines Vormittags 44 cg, nach einem zweistündigen, leisen Regen 50 cm Gewichtszuwachs festgestellt. Die am Morgen des 3. und 6. Juni gefundenen Zuwachszahlen von 26 und 34,5 cg sind sicher aus der verspäteten Wägung zu erklären. Die Gewichtszunahme des zugehörigen Kontrollkalks betrug in den 3 ersten Fällen 14, 18 und 23 cg, in den beiden letzten 11 und 5,5 cg, die der epilithischen *Aspicilia farinosa* 8,2, 8, 7,5, 8 und 2 cg. Werden die 5 letzten Größen aus dem oben angeführten Grunde verdreifacht, so ergibt sich, daß die Aufnahmefähigkeit der epilithischen Flechte etwa halb so groß ist, wie die der endolithischen.

Ganz bedeutend ist die Aufnahmefähigkeit des auf Nagelfluhe sitzenden *Amphoridium Hochstetteri*. Nach einem ununterbrochenen nächtlichen Regen war es am 12. August früh um 170 cg schwerer geworden. Als es am Abend desselben Tages das aufgenommene Wasser zu $\frac{7}{8}$ verloren hatte, setzte neuer Regen ein, von dem es in 2 Stunden 140 g aufnahm so daß seine Kurve von 23 auf 163 mm anstieg. Auch in der Nacht zum 13. August und am darauffolgenden Tage hat es unaufhörlich leise geregnet; die Flechte ist dem aber nur bis 7 Uhr früh ausgesetzt worden. In diesen 10 Nachtstunden hat sie bloß noch 7,5 cg Wasser aufgenommen und hat damit den Stand vom vorangegangenen Morgen kaum überschritten. Man darf sie wohl als die größte aufnehmbare Regenmenge ansehen. Sie übertrifft die größte aufgenommene Tau- menge um wenigstens das Fünffache, während sich bei *Gyallecta cupularis* diese beiden Größen wie 5 : 1 verhalten können, bei *Jonaspis Prevostii*, *Verrucaria calciseda* u. a. Kalk-

flechten aber sich meist wie 2:1 verhalten. Am weitesten zurück steht wiederum *Verr. marmorea*; bei gleichzeitiger Untersuchung mit *Amphoridium Hochstetteri* zeigte sich, daß sie in der ersten Regennacht ungefähr $\frac{1}{8}$, in der zweiten $\frac{1}{5}$ von der Wassermenge des Amph. Hochst. verschluckt hatte und daß sich seine Kurve immer nur wenige mm über der des Kontrollkalks halten konnte.

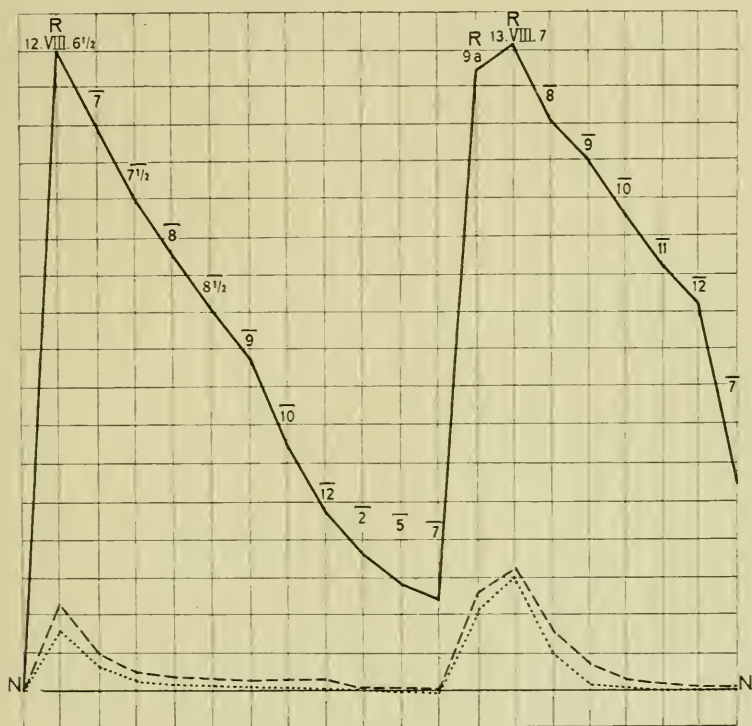


Abb. 1. *Amphoridium Hochstetteri*, *Verrucaria marmorea*, Kontrollkalk.

Unter den Kieselflechten hat unbedingt die Tiroler *Lecanora badia* das größte Aufnahmevermögen für Regenwasser: am Morgen des 28. Juli wurde bei noch anhaltendem Regen die Gewichtszunahme gegen den vorhergehenden Stand zu 191,5 cg gefunden, der Stand über der Nullinie zu 197 mm. Am Abend desselben Tages betrug nach einem viertelstündigen Platzregen der Gewichtszuwachs 126 cg, der Stand über der Nullinie

141 mm. Ihre höchsten Aufnahmewerte für Regen und Tau verhalten sich wie 191,5:25,5; nach andauerndem, leisen Regen hat die Flechte 7, nach kurzem Gewitterregen 5 mal mehr Wasser aufgenommen als nach dem stärksten Taufall dieser ersten Versuchsreihe.

Nicht viel hinter ihr steht die Rügensehe *Lecidea fuscocinerea* zurück; denn in den 5 Nachmittagsstunden des 7. Juli hat sie 105 cg Wasser aufgenommen und in den 12 folgenden Nachtstunden bei anhaltendem Regen noch 24 cg dazu. Damit wird die höchste durch Tau bewirkte Wasseraufnahme von 23 cg um mehr als das Vierfache überstiegen, um mehr als das Fünffache, wenn man die nächtlicherweile dazugekommene Wassermenge mit berücksichtigt. *Lecidea albocaerulescens* hatte unter gleichen Bedingungen bloß 69 cg aufgenommen; wenn man aber berücksichtigt, daß ihre Flächenausbreitung noch nicht die Hälfte von der der Vergleichsflechte betragen hat, wird man ihr mit Recht das gleiche Aufnahmevermögen für Regen zuschreiben dürfen. Diese Werte werden von *Aspicilia laevata*, f. *albicans* und *Asp. silvatica* mit 55 bzw. 40 cg und mit 49 bzw. 36 cg am 28. August nahezu erreicht, wenn man sie auf die größere Fläche der *Lecidea fuscocinerea* umrechnet.

Hiernach hat es den Anschein, als ob die Aufnahmefähigkeit für Regen bei den epilithischen Kieselflechten wesentlich größer sei als die endolithischer Kalkflechten. Eine sichere Entscheidung dieser Frage ist jedoch nur möglich, wenn man beiderlei Flechten zu gleicher Zeit untersucht, d. h. sie ganz gleichen Bedingungen aussetzt. Zu diesem Zwecke habe ich die aufnahmefähigste Kiesel- und Kalkflechte, sowie eine Kalkflechte von mittlerer Aufnahmefähigkeit zwischen dem 23. und 29. August geprüft (Taf. 4). Dabei hat sich unzweifelhaft herausgestellt, daß das Aufnahmevermögen für Regen bei *Amphoridium Hochstetteri* $\frac{3}{4}$, für *Verrucaria calciseda* nicht mehr als $\frac{1}{3}$ von dem der Tiroler *Lecanora badia* beträgt. Bei künstlicher Bewässerung wurden geringere Gewichtsunterschiede gefunden; denn die Gewichtszunahmen verhielten sich wie 67:64:36. Dagegen waren sie für Tau größer und für dampfförmiges Wasser am größten;

für ersteren verhielten sie sich ungefähr wie $1:1/2-2/3:1/3$ für Wasserdampf wie $1:1/2:1/8-1/3$. In den Abendstunden des 23. August bewegt sich die Kurve der Kieselflechte deutlich aufwärts, die der beiden Kalkflechten verbleiben auf ihrem Niveau, und noch auffallender ist das in der Nacht vom 28. zum 29. August mit bewölktem Himmel und unter bedachter Veranda.

Außer den spezifischen Unterschieden in der Aufnahmefähigkeit für Regen ergeben die angeführten Beispiele, die Kurventafeln und die zugehörigen Protokolle zwei wichtige Tatsachen:

1. Daß ein kurzer, heftiger Regen die Durchfeuchtung der beiderlei Flechten weniger vollständig bewirkt als ein stundenlanger, leiser.

2. Wenn die Flechten nach mehrstündigem Regen eine gewisse Wassermenge aufgenommen haben, so vermehrt sich ihr Gewicht auch bei andauerndem Regen nicht mehr wesentlich, wenigstens nicht im Verhältnis zur Länge der Zeit. Der am Schluß eines solchen beobachtete Gewichtszuwachs kann als die größte aufnehmbare Wassermenge angesehen werden. Das gilt für die Kalkflechten ebenso wie für die Kieselflechten, für die aufnahmefähigsten nicht minder wie für solche mit geringem Aufnahmevermögen.

So hat *Amphoridium* Hochst. in 2 Stunden 140 cg, in den darauffolgenden 10 Stunden noch 7,5 cg aufgenommen, *Verrucaria marmorea* aber 26 und 6 cg. Das macht auf 1 Stunde bei der ersten 70:0,75 cg, bei der zweiten Art 13:0,6 cg.

Lecidea fuscocinerea hat in 5 Nachmittagsstunden 104, darauf in 12 Nachtstunden 24 cg aufgenommen; gleichzeitig betrugen für *Lecidea albocaerulescens*, f. *alpina* die beiden Größen 30 und 19 cg. Auf 1 Stunde berechnet ergibt das die Verhältniszahlen 21:2 und 10:1,6.

D. Die Abgabe des aufgenommenen Wassers.

Sie kann sehr schnell erfolgen; so hat *Verrucaria calciseda* am 31. Oktober 20 cg bei künstlicher Bewässerung aufgenommenen Wassers bereits nach $1/2$ Stunde, am 8. Juni

65 cg in $1\frac{1}{2}$ Stunde verloren. Dagegen hat sie am 9. Juni 50 cg Regenwasser in 7 Stunden nur zu $\frac{4}{5}$ abgegeben, den Rest erst im Wärmeschränkchen bei 60° . Ein andermal hat die Flechte nächtlicherweile 2,5 cg Wasser verschluckt, davon in 3 Stunden 1 cg verloren, in den darauffolgenden 9 Stunden an Wasserdampf 1 cg aufgenommen, so daß sie abends 7 Uhr auf demselben Wassergehalt angekommen war, den sie am Morgen besessen hatte. Das ist jedoch Ausnahme, Wasseraufnahme und -abgabe erfolgen ziemlich regelmäßig und deshalb verlaufen die Kurven, wie die von *Verrucaria calciseda* und *Aspicilia farinosa* in einem beständigen Auf und Ab fast wie die Zähne einer Schrotsäge. Mannigfaltiger und lehrreicher gestalten sie sich dagegen, wenn die Gewichtsverluste in kleineren, etwa $\frac{1}{2}$ stündigen Zeitabständen geprüft werden. Dann läßt sich die Abhängigkeit der Wasserabgabe von der Witterung, ob es sonnig, trübe oder regnerisch ist, von der jeweiligen Luft- und Gesteinstemperatur, von der Besonnung oder Beschattung deutlicher erkennen. Daraus ergibt sich im Allgemeinen folgendes:

1. Am schnellsten erfolgt die Verdunstung des aufgenommenen Wassers, wenn die Flechten bei sonnigem Wetter von Anfang an direkter Bestrahlung ausgesetzt werden: *Verr. calciseda* hat 32 cg Wasser in $2\frac{1}{2}$ Stunden, davon $1\frac{1}{2}$ Stunde unter direkter Bestrahlung, verloren (10. August). Am Tage vorher waren bloß 18 cg Tau verschluckt worden. Bei sonnigem Wetter, aber im Schatten der bedachten Veranda, brauchten sie fast 6 Stunden zur Verdunstung, obgleich die Lufttemperatur in den ersten Morgenstunden einige Grade höher war als am nächsten Tage. Dafür ist die Gesteinstemperatur am 10. August um $7-12^{\circ}$ erhöht worden. Verhältnis auf halbe Stunden reduziert = 4:1.

Amphoridium Hochstetteri hatte am 17. August (Taf. 1a) bei künstlicher Bewässerung 57,5 cg Wasser aufgenommen und war damit 75 mm über die Nulllinie gestiegen. Nach $1\frac{1}{2}$ Stunden hat es bei direkter Bestrahlung bereits 59 cg abgegeben. In den 6 nächsten Stunden, von denen aber die 4 Nachmittagsstunden wegen wechselnder Bewölkung keine gleichmäßige Bestrahlung erlaubten, ist auch der Wasservorrat von den voran-

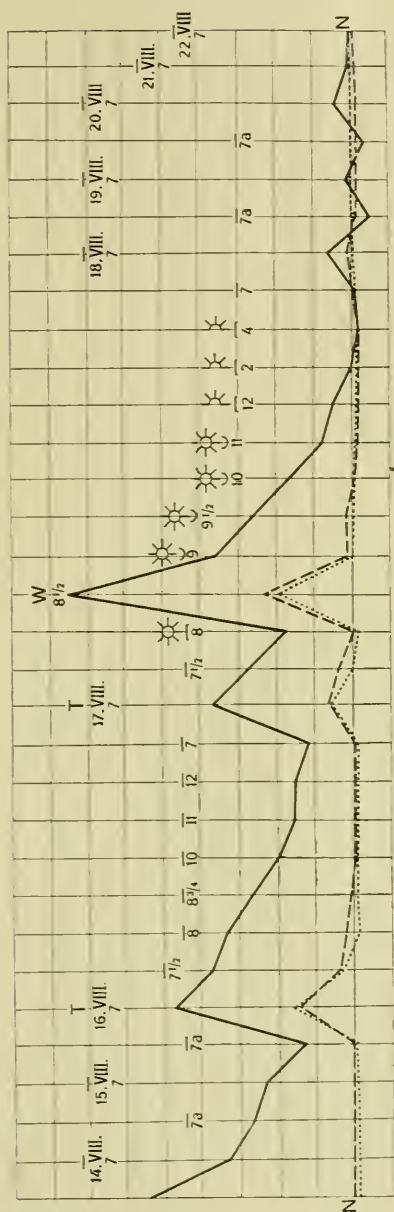


Abb. 1 a. Amphoridium Hochstetteri, Verrucaria marmorea, Kontrollkalk.

gegangenen Regentagen abgegeben worden und die Kurve $1\frac{1}{2}$ mm unter die Nulllinie gesunken. Dagegen sind am

16. August 35 g Tau erst im Verlauf von 12 Tagesstunden vollständig verschwunden und zwar bei sonnigem Wetter, aber im Schatten der bedachten Veranda, wo Luft- und Gesteins-temperatur nicht über 18° gestiegen waren. Die Kurve stand am Abend dieses Tages noch 12 mm über der Nullinie. — Auf halbe Stunden berechnet, verhält sich die Wasserabgabe bei direkter Bestrahlung und Beschattung = 40:3.

Lecanora badia hatte am 23. August (Taf. 4) 37 cg Tau aufgenommen und diese bei sonnigem Wetter im Schatten der bedachten Veranda binnen 4 Stunden eingebüßt, am folgenden Tage jedoch 43 cg bei direkter Bestrahlung bereits in 2 Stunden. Von 56 cg Regen, in der Nacht zum 26. August aufgenommen, hat die Flechte in den ersten beiden Morgenstunden 35 cg verloren. Bei direkter Bestrahlung jedoch am 28. August betrug der Verlust in der gleichen Zeit 60,5 cg. — Die Verluste bei direkter Bestrahlung und Beschattung während sonnigen Wetters verhalten sich bei dieser Flechte demnach ungefähr = 2:1.

2. Am langsamsten erfolgt die Verdunstung bei kühlem und regnerischen Wetter: *Amphoridium Hochstetteri* (Taf. 1a) hatte bei ununterbrochenem nächtlichen Regen 170,5 cg Wasser aufgenommen und davon bei fortgesetztem, leisen Regen in den folgenden 12 Tagesstunden 117 cg, in den nächsten 24 Stunden noch 26,5 cg, zusammen also 143,5 cg abgegeben, das macht auf die Stunde 4 cg. Höchsttemperatur am ersten Tag 15° , am zweiten 14° . — Am Tage vorher (12. August) hatte dieselbe Flechte nach starkem Frühregen 170 cg Wasser verschluckt und davon im Verlaufe der folgenden 12 Tagesstunden 147 cg eingebüßt. Sie lag bei bewölktem Himmel im Südzimmer, in dem die Temperatur bis auf 26° gestiegen ist. Auf die Stunde kommt also ungefähr ein Verlust von 12 cg, das ist 3 mal mehr als bei kühlem, regnerischen Wetter oder bei niedriger Temperatur und hoher relativer Luftfeuchtigkeit.

3. Die Gewichtsabnahme ist unter gleichen Bedingungen um so größer, je höher der Wassergehalt der Flechte ist. Deshalb wird a) der Gewichtsverlust von Stunde zu Stunde kleiner, was in den Kurven darin zum Ausdruck kommt, daß sie erst steil abfallen, dann immer flacher

verlaufen. Zur Erläuterung dessen mögen folgende Beispiele dienen: Nachdem *Amphoridium Hochstetteri* in der Nacht vom 12. zum 13. August 170 cg Regenwasser aufgenommen hatte, büßte es bei trübem, aber nicht regnerischem Wetter in der ersten halben Stunde 19 cg, in der zweiten 20,5, in der dritten 18, in der vierten 16 cg usw., in den beiden letzten Abendstunden 5 cg, also in der halben Stunde 1,25 cg ein. An dem nächsten regnerischen und wesentlich kühleren Tage betrug bei demselben anfänglichen Wassergehalt der größte halbstündige Verlust 9,75 cg. Auch im Verlauf der nächsten Vormittagsstunden betrugen die halbstündigen Verluste ungefähr die Hälfte von denen des vorangegangenen Tages. In den 7 Nachmittagsstunden gingen in der halben Stunde durchschnittlich 3,45 cg verloren gegen 5,67 cg am vorherigen Tage. In den 12 Nachtstunden vom 13. zum 14. August war der halbstündige Verlust auf 0,836 cg, in den 12 nächsten Tagstunden auf 0,025 cg und in den 12 Nachtstunden vom 14. zum 15. August sogar auf 0,015 cg herabgesunken (Taf. 1a).

In einer anderen Versuchsreihe (Taf. 4) beginnt bei *Lecanora badia* (Tirol) der Gewichtsverlust mit 18 cg und schließt nachmittags 2 Uhr mit 0,25 cg; gleichzeitig sanken bei *Amphoridium Hochstetteri* die halbstündigen Gewichtsverluste von 7,3 auf 1,25 cg, bei *Verrucaria calciseda* von 9,8 auf 0,3 cg. Während der ganzen Zeit waren die Flechten bei sonnigem Wetter in der bedachten Veranda untergebracht.

Unter ähnlichen äußeren Bedingungen wurde bei *Gyalecta cupularis* (Taf. 2) der höchste Gewichtsverlust am frühen Morgen zu 13 cg, der niedrigste in der letzten Abendstunde zu 0,003 gefunden, während für *Jonaspis Prevostii* diese beiden Werte 11,5 und 1 cg betrugen. — Nach gleich hoher Wasseraufnahme, aber bei direkter Bestrahlung, waren die Grenzwerte für *Gyalecta cupularis* 27 und 0,25 cg, für *Jonaspis Prevostii* 24 und 0,25 cg; bei beiden war die Wasserabgabe bereits um 10 Uhr vormittags beendet, bis auf ganz spärliche Reste, die erst der Mittagshitze wichen.

b) Nach starken Regenfällen erfolgt die Wasserabgabe unter gleichen Bedingungen viel stärker als nach den stärksten Tauabsonderungen. So hat *Lecanora*

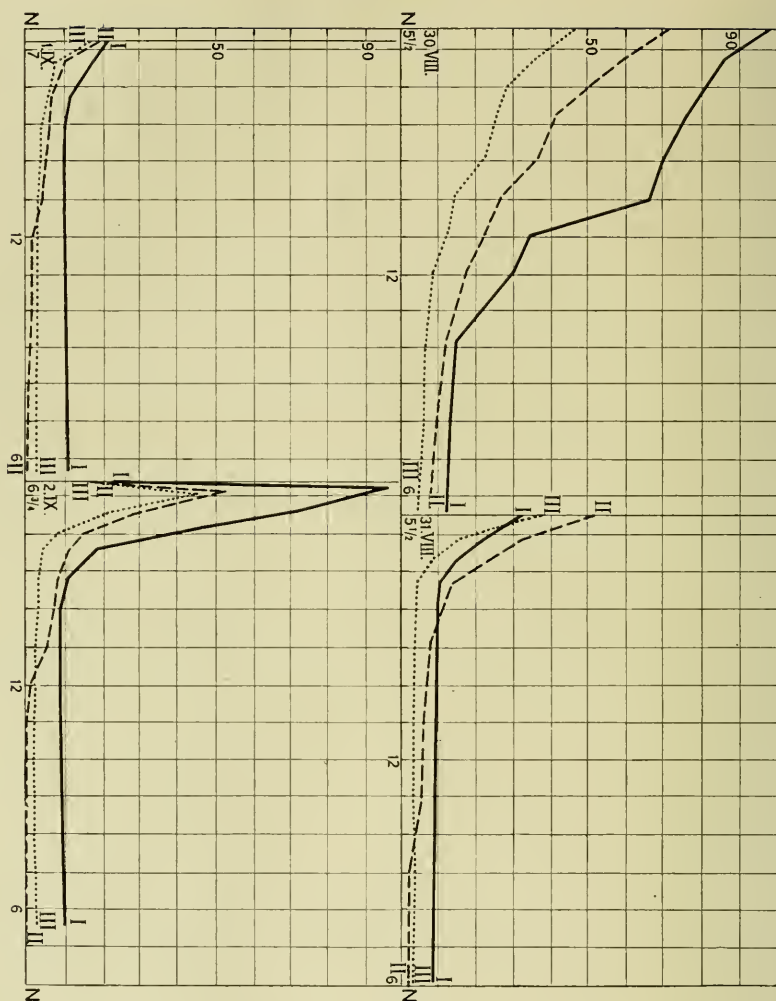


Abb. 2. I. *Gyalecta cupularis*. II. *Jonaspis Prevostii*. III. *Verrucaria calciseda*.

30. VIII. 5½. Wasseraufnahme bei kurzem, heftigen Regen. Verdunstung bei trübem Wetter; sonnig zwischen 1 und 3 Uhr nachmittags.

31. VIII. 5½. Starker Tau. Verdunstung bei direkter Bestrahlung.

1. IX. 7. Starker Tau. Verdunstung bei sonnigem Wetter, aber vor direkter Bestrahlung geschützt.

2. IX. 6¾. Starker Tau. 7 Uhr: nach 5 Minuten langem Liegen in Wasser. Verdunstung bei direkter Bestrahlung.

badia (Tirol) von den 197 cg aufgenommenen Regenwassers während der ersten halben Stunde im Schatten der bedachten Veranda 78 cg verloren, am 1. August aber von 26 cg Tau bei direkter Bestrahlung 17 cg. Die aufgenommenen Wassermengen verhalten sich rund wie 15:2, die abgegebenen wie 9:2. — *Gyalecta cupularis* hat von 98 cg Regenwasser um 12 Uhr (in $6\frac{1}{2}$ Stunden) 77 verloren, 2 Tage später von 22,8 cg Wasser, darunter 11 cg neu aufgenommen bei schwachem Taufall, 9,8 cg eingebüßt. Die aufgenommenen Wassermengen verhalten sich = 9:1, die verdunsteten wie 8:1. — Berechnet man den Wasserverlust in bezug auf die Wasseraufnahme und setzt diese = 100, so ergibt sich für

Lecanora badia bei Regen 44,7%, bei Tau 65,4% Verlust
Gyalecta cupularis „ „ 78,5% „ „ 89,0% „

Das ist die Umkehrung des obigen Satzes von den absoluten Gewichtsverlusten bei allen untersuchten Krustenflechten nach Regen und Tau, und diese Umkehrung scheint allgemeine Bedeutung zu haben. Sie läßt sich in dem Satze ausdrücken: Der in Hundertteilen ausgedrückte relative Gewichtsverlust ist bei den Krustenflechten nach Tau größer als nach Regen. Jener beträgt oft das Zweifache, zuweilen fast das Dreifache von diesem, wie an einigen Beispielen erläutert werden soll. Es wurden berechnet für *Jonaspis Prevostii* 38% und 47%, für *Gyalecta cupularis* 33% und 55,7%, für *Lecidea fuscocinerea* 40 und 86,7% für *Lecidea albocaerulescens*, f. *alpina* 23,3 und 58%, für *Aspicilia silvatica* 72,5% und 128,57%. Diesem enormen Gewichtsverlust, bei dem nicht nur das nach starkem Tau am 1. August aufgenommene Wasser, sondern auch noch ein Teil des Reservevorrats bei direkter Bestrahlung in der ersten Morgenstunde verdunstet worden ist, steht als einzige Ausnahme von dem zuletzt aufgestellten Satze der bei *Verrucaria calciseda* am 6. und 7. August beobachtete Fall gegenüber, daß der Verlust nach Regen 87,5%, nach Tau 70% der aufgenommenen Wassermenge betragen hat.

Die Überschreitung der Nulllinie.

Nicht selten kommt es vor, daß bei der Verdunstung des aufgenommenen Wassers die Nulllinie nach unten überschritten

wird, daß die Flechte zuletzt mehr Feuchtigkeit abgibt, als ihr durch Tau, Regen oder auf künstlichem Wege zugeführt worden war. Dieser übermäßige Verlust kann bei *Verrucaria calciseda* 5 cg, bei *Lecanora badia*, Tirol, 16 cg, bei der erzgebirgischen *Lec. badia* 13 cg erreichen und wird einem Vorrat entnommen, von dem man nicht weiß, ob er Bestandteil des Steines oder der ihn bewohnenden Flechte ist. Zur Beantwortung dieser Frage habe ich den vielgeprüften Kontrollkalk (Versuchsreihen 1 und 3) am 10. September zugleich mit dem von *Verrucaria calciseda* bewachsenen Kalkstück lufttrocken gewogen und darauf $\frac{3}{4}$ Stunde lang bis auf 65° erwärmt, wobei jener 1 cg, dieser 2 cg an Gewicht verloren hat. Gleich nach der Wägung sind beide Stücke noch einmal in den Wärmeschrank gekommen und $\frac{1}{4}$ Stunde lang bis auf 60° erwärmt worden. Dabei verlor der Kontrollkalk 1 cg, der Flechtenkalk wieder 2 cg. Bei einer dritten Erwärmung stieg die Temperatur in $\frac{1}{2}$ Stunde bis auf 74° , trotzdem behielt der Kontrollkalk sein Gewicht und der Flechtenkalk ist noch um 1 cg leichter geworden. Sein Gesamtverlust beträgt also 5 cg gegen 1,5 cg beim flechtenfreien Kalk. Beim darauffolgenden Auslegen im Nordzimmer hat der Flechtenkalk innerhalb zweier Stunden 4 cg, in zwei weiteren Stunden noch 1 cg Wasser aufgenommen und hat damit sein altes Gewicht wieder erreicht, während der Kontrollkalk bloß um 1 cg schwerer geworden war. — Als am 14. September der Vergleichskalk noch einmal erhitzt werden sollte, zeigte er nach viertägigem Liegen im Südzimmer nur ein Trockengewicht von 71,27 g (gegen 71,28 g am 10. September), verlor davon bei $\frac{3}{4}$ stündigem Erwärmen bis 60° nur 0,5 cg und blieb hierbei, als er noch $\frac{1}{2}$ Stunde, zuletzt bis auf 70° , erwärmt worden ist. Das Endgewicht betrug also wie bei dem 4 Tage früher ausgeführten Versuch 71,265 cg. Beim nachherigen Auslegen auf die überdachte Veranda hat er bei regnerischem Wetter in 1 Stunde 1 cg Wasserdampf verschluckt und ist dadurch um 0,5 cg schwerer geworden, als er vor Beginn der ersten Erwärmung gewesen war. Aus alledem geht hervor: 1. flechtenfreie Kalke enthalten im lufttrockenen Zustande kleine Wassermengen, die erst bei längerer Erwärmung auf 60 — 74° entweichen. 2. Der lufttrockene

Zustand flechtenfreien Kalkes kann um geringe Beträge schwanken. 3. Je niedriger er gefunden wird, desto geringer ist der Verlust beim Erwärmen auf $60-70^{\circ}$. 4. Der entwässerte Kalk zieht in kurzer Zeit soviel Feuchtigkeit aus der Luft an, daß der alte Zustand wieder hergestellt ist. 5. Der Wasservorrat der mit *Verr. calciseda* bewachsenen Flechte ist 3—5 mal größer als der des Vergleichskalkes. 6. Dieses Mehr ist wohl am einfachsten aus der Annahme zu erklären, daß es von der dem Kalk innewohnenden organischen Substanz mechanisch festgehalten wird. 7. Die Nulllinie veranschaulicht das Gewicht eines flechtenfreien oder flechtenbewachsenen Steines im lufttrockenen Zustande, muß aber für jede Versuchsreihe neu festgestellt werden.

Von *Verrucaria calciseda* ist die Nulllinie in der ersten Versuchsreihe am 4., 5. und 8. Juni überschritten worden, d. h. bei Gesteinstemperaturen von $41,5^{\circ}$, 40° und 38° , bei Lufttemperaturen von $27,5^{\circ}$ und $23,5^{\circ}$. In der zweiten Versuchsreihe unterbleibt die Überschreitung selbst an den beiden Tagen mit direkter Bestrahlung, weil die Gesteinstemperatur nur vorübergehend auf 34° , am zweiten auf 36° gestiegen war. In der dritten Versuchsreihe (Taf. 2) bleibt die Kurve immer 3. wenigstens aber 2 mm über der Nulllinie. In jenem Falle stieg die Gesteinstemperatur bis 26° , in diesem bis 33° ; an beiden Tagen war reichliche Wasserzufuhr vorausgegangen. Für diese endolithische Kalkflechte läßt sich also der Satz aussprechen, daß ihre Kurve die Nulllinie nur überschreitet, wenn sie längere Zeit einer Gesteinstemperatur von wenigstens 35° ausgesetzt wird. Eine Ausnahme hiervon kann bloß stattfinden, wenn die nächtliche Wasseraufnahme sehr dürftig gewesen ist (7. Juni). Beide Sätze haben auch für die epilithische Flechte *Aspicilia farinosa* Giltigkeit, wie ein Blick auf ihre Kurve lehrt: sie bewegt sich in der Zeit vom 31. Mai bis 4. Juni unausgesetzt über der Nulllinie, tritt jedoch in den darauf folgenden Tagen mit ihren hohen Luft- und Gesteinstemperaturen in den Mittags- oder späten Vormittagsstunden unter sie herab, am 7. Juni bis zu 2,3 mm, weil eine sehr geringe nächtliche Bewässerung vorausgegangen war.

Die Neigung, die Nulllinie zu überschreiten, ist bei *Amphoridium Hochstetteri* und *Jonaspis Prevostii* wesentlich größer als bei *Verr. calciseda*, was für diese unmittelbar beobachtet, für jene erschlossen worden ist: In der Zeit vom 30. August bis 5. September (Taf. 2), während der *Jon. Prevostii* und *Verr. calciseda* gleichzeitig geprüft worden sind, haben immer so niedere Temperaturen geherrscht, daß die *Calciseda*-kurve wenigstens 2 mm über der Nulllinie bleibt, während die *Jonaspis*-kurve bis zu ihr herabsinkt oder sie sogar um 0,5 mm überschreitet. Jene Kurve wird von dieser gewöhnlich schon in den Vormittags-, einmal (31. August) erst in den Nachmittagsstunden durchschnitten, obgleich die Flechte (*Jonaspis*) bei den verschiedenen Bewässerungsarten stets mehr Wasser aufgenommen hatte als die *Verrucaria*. Diese besitzt ein geringeres Aufnahmevermögen für Wasser, setzt aber dem Herabsinken unter die Nulllinie größeren Widerstand entgegen. Noch größer ist dieser Gegensatz bei *Amphoridium Hochstetteri*, deren enorme Aufnahmefähigkeit sich in den regenreichen Tagen des 12. und 13. August offenbart hatte. Einen Vergleich mit *Verr. calciseda* gestatteten die warmen Tage gegen Ende des Monats (Taf. 4): die Wägungen haben gezeigt, daß die *Calciseda*-kurve auch bei nicht direkter Bestrahlung von der *Amphoridium*-kurve bereits vormittags 11 Uhr geschnitten wird, daß diese 3,5 mm unter die Nulllinie herabgeht, während jene nur bis auf sie herabsinkt. Am nächsten Tage (24. August) wird bei direkter Bestrahlung die *Calciseda*-kurve bereits um 9 Uhr gekreuzt, und die Nulllinie um 9,5 mm überschritten, von der *Calciseda*-kurve um 1,5 mm. Am vierten Tage (26. August) bleiben beide Kurven über der Nulllinie, weil die nächtliche Wasserversorgung reichlicher gewesen war, durch einen ganz kurzen Regenguß im Laufe des Vormittags ergänzt worden ist und weil direkte Bestrahlung gefehlt hat. Daß am 28. August der Schnitt beider Kurven trotz direkter Bestrahlung erst um 11 Uhr erfolgt und die von *Amphoridium* nur 4 mm unter die Nulllinie hinabgeht, erklärt sich aus dem 3 mal größeren Wassergehalt, mit dem am frühen Morgen die Verdunstung begonnen hatte.

Unter allen untersuchten Flechten überschreitet die Kiesel-

flechte *Lecanora badia* (Taf. 4) die Nullinie am ehesten und tiefsten, was mit ihrer ungewöhnlich großen Aufnahmefähigkeit für Wasser wohl übereinstimmt. Am 24. August durchschneidet sie die Nullinie nach starkem Tau und bei direkter Bestrahlung um 9 Uhr zugleich mit *Amphoridium*, sinkt aber bis 12 mm unter sie, 3 mm tiefer als *Amphoridium*. Am 27. August sinkt die *Lecanorakurve* erst in der letzten Abendstunde um eine Kleinigkeit unter die Nullinie herab, wogegen die des *Amphoridium* 3,5 mm über ihr bleibt. Am 28. August endlich wird die Nullinie durch die *Lecanorakurve* bereits um 10 Uhr, durch die *Amphoridiumkurve* um 11 Uhr geschnitten. Jene geht wieder 12 mm unter sie herab, diese nur 4 mm. Höchste Gesteinstemperatur war 38°, Lufttemperatur 33°. Der anfängliche Wasserstand war für beide Flechten fast gleich (68,5 und 64 g).

Demnach sind die 4 Vergleichsflechten nach der Leichtigkeit, mit der sie die Nullinie überschreiten in die Reihe: *Lecanora badia*, *Amphoridium Hochstetteri*, *Jonaspis Prevostii*, *Verrucaria calciseda* anzuordnen. Die Aufnahmefähigkeit dieser Flechten für Wasser steht im umgekehrten Verhältnis zu ihrem Widerstand gegen die Überschreitung der Nullinie. An den äußersten Endpunkt dieser Reihe würde *Verrucaria marmorea* zu stehen kommen. Ihre Kurve läuft stets mit der des Kontrollkalks parallel, erhebt sich nur wenige mm über sie und sinkt bloß an 2 Tagen (16. und 17. August) 1 bis 2 mm unter sie herab. An den anderen Endpunkt der Reihe müßte die erzgebirgische *Lecanora badia* kommen; denn sie übertrifft trotz geringerer Aufnahmefähigkeit für Wasser die oben besprochene Tiroler Flechte durch geringeren Widerstand gegen die Überschreitung der Nullinie. Noch auffallender ist diese Abweichung von obiger Regel bei *Gyalecta cupularis*, deren Aufnahmefähigkeit hoch über der von *Verr. calciseda* und auch noch über der von *Jonaspis Prevostii* steht, deren Kurve aber auch bei andauernder direkter Bestrahlung noch 9 mm über der Nullinie verläuft. Solche Widersprüche sind aus dem anatomischen Bau der Flechten zu erklären. Ehe dazu übergegangen werden kann, muß erst ein

Vergleich mit dem Kontrollkalk

vollzogen werden. Das Verhalten der Flechten gegen Regen, Tau und Wasserdampf tritt erst ins rechte Licht, wenn man es mit dem flechtenfreien Kalkes gleicher Beschaffenheit vergleicht. Der erste Blick auf die Kurventafeln 1 und 1a lehrt, daß die Kurven des Vergleichskalkes dasselbe Auf und Ab des Verlaufs besitzen, daß sie nach künstlicher oder natürlicher Bewässerung steil ansteigen, um dann je nach der Art der Bestrahlung und der Länge der Zeitabschnitte mehr oder weniger sanft abzufallen. Bei genauerer Betrachtung fallen jedoch alsbald wesentliche Unterschiede ins Auge:

1. Der Kontrollkalk nimmt in der Regel unter natürlichen Verhältnissen keinen Wasserdampf auf. Darum macht seine Kurve in der Nacht vom 3. zum 4. August bei bewölktem Himmel die kleine Aufwärtsbewegung der Calcisedakurve nicht mit, und wenn bei starkem Taufall die unter Gebüsch verborgene Flechte von aufgenommenem Wasserdampf um 5 cg schwerer geworden ist, hat das Gewicht des Vergleichskalkes um 0,5 cg durch Verdunstung abgenommen (4.—5. August). Aufnahme von Wasserdampf tritt fast ausschließlich nach andauernder künstlicher Entwässerung im Wärmeschränkchen ein und zwar immer nur bis zur Nulllinie.

2. Bei künstlicher Wasserzufuhr verhält sich der Kontrollkalk etwas schwankend: seine Gewichtszunahme kann nur $\frac{1}{4}$ von der des Calcisedakalkes betragen (8. Juni) oder nur wenige cg hinter dieser zurückbleiben (7. August), sogar über sie hinausgehen. Das liegt an der Unvollkommenheit der Methode: wenn das Wasser tropfenweise zugezählt und nur oberflächlich ausgebreitet wird, hängt es vom Zufall ab, wieviel Wasser am Stein haften bleibt.

3. Nach Regen beträgt die Gewichtszunahme meist nur $\frac{1}{2}$ bis herab zu $\frac{1}{3}$, einmal sogar bloß $\frac{1}{5}$ von der des Calcisedakalkes.

4. Ähnlich liegen die Verhältnisse beim Tau; eine Ausnahme machen die beiden Wägungen vom 9. und 10. August; denn da betragen die Gewichtszunahmen des Kontrollkalkes wenigstens $\frac{5}{6}$ von denen des Flechtenkalkes. Das erklärt sich daraus, daß an diesen beiden Tagen die Wägungen $\frac{1}{2}$ Stunde früher als sonst vor-

genommen worden sind, als sie noch nicht einen Teil des auf ihnen niedergeschlagenen Taues durch Verdunstung verloren hatten.

Genau so wie *Verr. calciseda* verhält sich die epilithische Flechte *Aspicilia farinosa* gegenüber gleichartigem Vergleichskalk. Wenn die Ausbiegungen ihrer Kurven nach oben nicht die Höhe derer von *Verr. calciseda* und ihres Kontrollkalkes erreichen, so liegt das daran, daß die Gesteinsstücke, mit denen ich arbeiten mußte, dem Gewichte nach etwa 3mal, der Flechtenausbreitung nach sicher 2mal kleiner waren.

Hingegen übertrifft *Amph. Hochstetteri* die Aufnahmefähigkeit des Kontrollkalkes bei andauerndem Regen um das 5—8fache, bei starkem Tau um das 3—4fache. Umgekehrt ist es bei *Verr. marmorea*: bei andauernden Regengüssen verhalten sich seine Gewichtszunahmen zu denen des Vergleichskalkes wie 17:16 und 16:15, bei Tau einmal wie 13,5:14,5, das zweite Mal wie 6,5:6; sie kann also beim Kontrollkalk um eine Wenigkeit größer sein als beim Flechtenkalk. — Bei der epilithischen Flechte *Verr. fusca* habe ich die Aufnahmefähigkeit, bezogen auf ihren Kontrollkalk, nicht ganz so groß wie bei *Aspicilia farinosa*, bei *Thelochroa Montinii* auf *Verr. parmigera*, wieder bezogen auf ihren Vergleichskalk, größer als bei *Verr. calciseda* gefunden.

Der Widerstand gegen die Abgabe des aufgenommenen Wassers ist bei dem Kontrollkalk stets geringer als bei den gleichzeitig untersuchten Kalkflechten. Das zeigt sich am deutlichsten, wenn man den Gewichtsverlust auf den vorhergehenden Wassergehalt bezieht und diesen = 100 setzt, wie an einigen Beispielen erläutert werden soll. In der Zeit vom 3.—10. August stehen sich für *Verr. calciseda* und ihren Vergleichskalk als gleichzeitige Gewichtsverluste folgende Werte gegenüber: Am 6. August 65,63 und 114,28%; am 7. August 80,77 und 100%; am 9. August 50 und 75%, später 42,86 und 100%; am 18. August 39,39 und 86,67%.

Ebenso wichtig wie diese Zahlenunterschiede ist der Umstand, daß der Kontrollkalk viel früher erschöpft ist als der Flechtenkalk. Am 6. August z. B. hat er gleich im ersten Zeitabschnitt mit 114,26% seinen gesamten Wasservorrat eingebüßt und ist

sogar 1 cg unter das Normalgewicht herabgegangen. Dieser Zustand ist 1½ Stunde nach der Wasseraufnahme nachgewiesen worden. Dagegen hat der Flechtenkalk das aufgenommene Wasser erst in 5 Vormittagsstunden bis auf 1 cg abgegeben, und dieses verliert er auch in den darauffolgenden 7 Nachmittagsstunden nicht. — Den am 10. August nach sehr starkem Taufall aufgenommenen, über doppelt so großen Wasservorrat hat der Kontrollkalk bereits nach 1 Stunde bis auf 1 cg verloren; dieses büßt er im nächsten Zeitabschnitt auch noch ein, um dann wieder 1 cg unter das Normalgewicht herabzusinken, während der Flechtenkalk trotz direkter Bestrahlung am Ende des 5. Zeitabschnittes noch 1 cg besitzt.

Daß die Unterschiede zwischen *Amphoridium Hochstetteri* und dem Vergleichskalk noch viel größer sind, wird nach dem früher Gesagten nicht Wunder nehmen: Am 12. August, nach mehrstündigem Regen (Taf. 2), stehen sich folgende Verdunstungsziffern gegenüber: 11,18 und 62,5%; 13,58 und 50%; 10,76 und 50%. Um 12 Uhr ist bei trübem, aber nicht regnerischem Wetter die Kurve des Normalkalkes bis zur Nulllinie herabgesunken, die des Flechtenkalkes steht in der letzten Abendstunde noch 23 mm über ihr. Am auffallendsten sind die Unterschiede in den Abgabeziffern am 13. August bei regnerischem Wetter, wie aus Tabelle 2 am Schluß des Protokollheftes zu ersehen ist. — Aus ihr ist auch eine kleine Bevorzugung der *Verr. marmorea* vor ihrem Kontrollkalk ersichtlich; denn ihre Abgabeziffern betragen ½ bis ⅜ von denen des flechtenfreien Kalkes.

Aus alledem aber ergibt sich, daß die Aufnahmefähigkeit der Kalkflechten für Wasser größer ist als die flechtenfreien Kalkes gleichen Ursprungs und gleicher Beschaffenheit. Noch größer aber ist ihr Widerstand gegen die Verdunstung der aufgenommenen Feuchtigkeit, so daß sie noch stundenlang durchfeuchtet sein können, nachdem der flechtenfreie Kalk gänzlich ausgetrocknet ist. Endlich ist auch der Wasservorrat, den Kalkflechten im lufttrockenen Zustand enthalten, wesentlich größer als der gleichartigen flechtenfreien Kalkes.

Vergleichung der Kalkflechten untereinander.

Nicht für alle Kalkflechten konnte ein Stück Vergleichskalk desselben Ursprungsortes beschafft werden. Sie konnten deshalb nur unter sich verglichen werden, wie *Sagedia persicina* und *Opegrapha saxicola* oder wie die ebenfalls chroolepusführenden *Jonaspis Prevostii* und *Gyalecta cupularis* mit der pleurococcusführenden *Verrucaria calciseda*. Von den ersten beiden standen mir nur so kleine Gesteinsstücke mit reinen Flechtenlagern zur Verfügung, daß es nicht ratsam gewesen wäre, sie gleichzeitig mit dem viel größeren *Calciseda*stück zu prüfen. Über sie kann ich nur sagen, daß *Sagedia persicina* ungefähr auf derselben Stufe steht, wie *Verr. marmorea*, während *Opegrapha saxicola* physiologisch kaum unter *Verr. calciseda* stehen dürfte.

Die Versuche mit *Gyalecta cupularis*, *Jonaspis Prevostii* und *Verrucaria calciseda* (Taf. 2) zeigen einwandfrei, daß die beiden chroolepusführenden Kalkflechten ein größeres Aufnahmevermögen für Wasser besitzen als die *Verrucaria*: Für Regen und künstliche Bewässerung ist das von *Gyalecta* mindestens doppelt so groß wie das der *Verrucaria*; das von *Jonaspis* steht für Regen ungefähr in der Mitte zwischen beiden. Ähnlich ist das Verhältnis für Tau; die scheinbare Umkehrung am 31. August, wo *Gyalecta* bei starkem Tau unter allen 3 Flechten am wenigsten Flüssigkeit aufgenommen hatte, erklärt sich daraus, daß der *Gyalectakalk* versehentlich umgekehrt, mit der Flechtenseite nach unten, in das Zigarettenkästchen gelegt worden war, woraus hervorgeht, daß die Unterseite des Steins mit ihren Rhizoiden und vagierenden Gonidien bei weitem nicht das Aufsaugungsvermögen für Wasser hat wie die Oberseite mit Gonidienzone, Epinekralschicht und fliehenden Gonidien. — Daß der Widerstand gegen die Wasserverdunstung bei *Gyalecta* wesentlich größer ist als bei ihren Vergleichsflechten, ist daraus ersichtlich, daß ihre Kurve auch bei andauernder direkter Bestrahlung mit 33° höchster Gesteinstemperatur noch 9 mm über der Nulllinie bleibt, bei Beschattung sogar 11—12 mm, während die der *Verrucaria* bloß 2—3 mm über ihr verläuft und die der *Jonaspis* an einem Tage fast

bis zu ihr herabsinkt, sie an einem anderen Tage sogar erreicht. Also ist, wie schon früher in dem Kapitel von der Überschreitung der Nulllinie gezeigt worden ist, bei *Jonaspis* der Widerstand gegen die Abgabe des aufgenommenen Wassers geringer als bei der *Verrucaria*.

Der Grund für die größere Aufnahmefähigkeit kann nur darin gefunden werden, daß der Kalk bei *Gyalecta* und *Jonaspis* durch die mit Spitzenwachstum ausgestatteten *Chroolepusgonidien* tiefer durchsetzt und stärker zerklüftet wird als dies den *Pleurococcusgonidien* der *Verrucaria* möglich ist. Daß aber *Jonaspis* von *Gyalecta* so auffallend übertroffen wird und daß es überdies größte Widerstandsfähigkeit gegen die Abgabe des aufgenommenen Wassers besitzt, dafür können als Erklärungsgründe ihre kräftige Epinekralschicht, ihre vagierenden und fliehenden Gonidien angeführt werden, die sie vor der anderen *chroolepusführenden* Flechte, *Jonaspis Prevostii*, voraus hat. Aus dem Besitz der fliehenden Gonidien erklärt sich wohl auch der Steilabfall der *Gyalectakurve* am Vormittag des 30. August: Bei dem trüben, mäßig warmen und später sogar regnerischen Wetter konnte das Wasser von dem Wald der fliehenden Gonidien zurückgehalten werden, um dann, man möchte sagen, mit einem Male zu verdunsten. Genaue Angaben über die prozentualen Verdunstungswerte der 3 Flechten gibt die 3. Tabelle am Schluß des Protokollheftes; sie zeigt die hohe Bevorzugung der *Gyalecta* vor der *Verrucaria* und erlaubt den Schluß, daß sie flechtenfreien Kontrollkalk in noch viel höherem Grade an Widerstandskraft gegen Wasserabgabe übertreffen würde.

Der Tiefstand von *Verr. marmorea* gegenüber allen anderen Kalkflechten liegt natürlich auch in ihrem anatomischen Bau begründet: ihr Thallus hat eine durchaus oberflächliche Lage, geringe Mächtigkeit und keine Epinekralschicht. Nach außen ist er durch ein rotbräunliches Gewebe begrenzt, das ich als gelockerte oder aufgelöste Rinde bezeichnen möchte. Der Kalk ist aus ihr fast vollständig verdrängt, so daß sie sich nach dem Anfeuchten mit dem Skalpell leicht abheben und freihändig schneiden läßt. Die Gonidienzone ist 40, die darauffolgende lockere Rhizoidenzone etwa 600 μ mächtig. — Dem

steht *Amphoridium Hochstetteri* gegenüber mit einem mächtigen, ganz in Kalk versenkten Lager. Die äußerste Grenze, bis zu der rhizoidale Hyphen vordringen, beträgt 10 mm. Die Gonidienzone besteht, wie ich an Mikrotomschnitten durch *f. alpina* Arn. vom Schlern in Tirol nachweisen konnte, von der Oberfläche an bis in 650, ausnahmsweise 820 μ Tiefe aus unzähligen, rundlichen, sorediumähnlichen Gonidiengruppen, die durch sehr fettreiche, erweiterte Hyphen untereinander verbunden sind. Man könnte den ganz eigenartigen Bau dieser Gonidienschicht mit dem der »mehlartigen« Rinde der Podetien von *Cladonia fimbriata* vergleichen, nur daß bei dieser die Soredienkugeln viel dichter beisammen liegen, bei jener durch Kalkteilchen voneinander getrennt sind. Daß eine Schicht von solcher Mächtigkeit und Porosität viel Wasser aufnehmen und es lange festhalten kann, ist wohl erklärlich, ebenso daß sie *Verr. calciseda* in beiden Eigenschaften übertreffen muß. Denn das Lager der kroatischen *Verr. calciseda* ist nicht über 3 mm mächtig, besitzt eine ziemlich dichte und sicher für Wasser recht aufnahmefähige Epinekralschicht von 40—77 μ Mächtigkeit. Darunter befindet sich eine etwa 40 μ mächtige, zusammenhängende Gonidienzone, die sich in ihrer Dichte mit der Gonidienschicht »leder-rindiger« *Cladoniapodetien* (*gracilis*) vergleichen läßt. Darunter folgt ein feinporiges, filzartiges Mark und endlich die an Sphäroidzellen reiche Rhizoidenzone. Die Aufnahmefähigkeit für Wasser wird um so größer sein, je mehr die organische Substanz gegenüber dem Kalk vorwiegt, und das ist entschieden in den 3 äußeren Regionen der Fall. Da deren Gesamtmächtigkeit jedoch 150 μ nicht viel überschreitet, haben die wasserspeichernden Schichten der *Verrucaria* eine viel oberflächlichere Lage als bei *Amphoridium* mit seinem über 4mal mächtigeren Gemisch von Gonidiengruppen und weiten Ölhyphen. Dieser Unterschied im Bau scheint mir zu genügen, um das ungleiche physiologische Verhalten gegenüber Wasser zu erklären.

Unter den epilithischen Kalkflechten ist *Aspicilia farinosa* durch verhältnismäßig große Aufnahmefähigkeit für Wasser ausgezeichnet, weil der epilithische Teil des Lagers trotz seiner geringen Mächtigkeit (etwa 250 μ) zu je einem Drittel aus einer

an leeren Gonidienhüllen reichen Epinekralschicht, einer sehr zellenreichen Gonidienzone und einem engfilzigen Mark besteht. Alle 3 sind ohne Zweifel befähigt, reichlich Wasser zu schlucken und es auch ziemlich so lange festzuhalten, wie das *Verr. calciseda* tut. Der aus rhizoidalen Fasern und Strängen zusammengesetzte endolithische Lagerteil dürfte hierbei keine wesentliche Rolle spielen. Sie bildet dadurch den Übergang zu den epilithischen Kieselflechten.

Vergleichung der Kieselflechten untereinander.

Lecanora badia auf Porphyr von Predazzo in Südtirol, deren anatomischen Bau ich bereits von früher her kannte, war die erste Kieselflechte, mit der ich Versuche angestellt habe; als Vergleichsobjekt ist ihr alsbald ein Exemplar derselben Art vom Basalt des Geisingberges bei Altenberg im Erzgebirge beigelegt worden. Zuerst sind beide in der Zeit vom 26. Juli bis 3. August und zum zweitenmal vom 9. bis 14. September bei wesentlich niedrigerer Temperatur geprüft worden. Das Tiroler Gesteinsstück ist zwar fast 20 g schwerer als das erzgebirgische, aber die Flächenausbreitung beider Flechten ist gleich. Die Aufnahmefähigkeit beider für Wasser veranschaulichen folgende Zahlen: Nach $\frac{1}{4}$ stündigem, heftigen Gewitterregen hatte die Tiroler Flechte 126 cg, bei mehrstündigem, leisen Regen am 28. August 192, am 14. September sogar 197 cg Wasser verschluckt; für die erzgebirgische Flechte betrugen die entsprechenden Werte 100, 119 und 116 cg. Bei Tau wurde für die Tiroler Pflanze gefunden: 31. Juli 22 cg, 1. August 25,5, 2. August 17 cg, 18. September 48 cg, für die erzgebirgische dagegen 19, 20, 15 und 39,5 cg. Bei bewölktem Himmel hat die Tirolerin am 27. Juli 15, die Vergleichsflechte 10 cg Wasserdampf aufgenommen.

Diese auffallende physiologische Bevorzugung der Tiroler Flechte ist natürlich in ihrem anatomischen Bau begründet: die aufgeweichten und mit dem Skalpell vorsichtig abgehobenen Lagerfelder können 535—895 μ mächtig sein. Davon kommen allein auf das Mark 425—810 μ ; es besteht aus einem feinfädigen, plasmaleeren, grobporigen Hyphenfilz, dem am Rande der Felder, manchmal auch unmittelbar unter der 16—46 μ

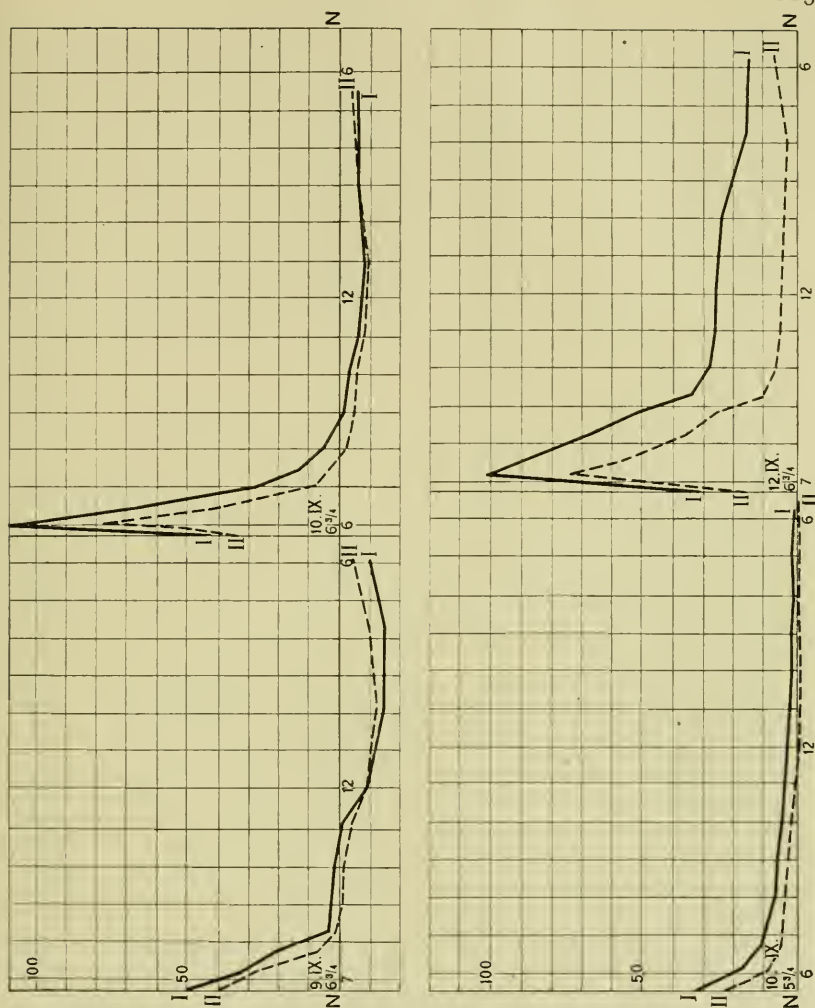


Abb. 3. I. *Lecanora badia* aus Predazzo in Südtirol.

II. *Lecanora badia* aus Altenberg im Erzgebirge.

9. IX. $6\frac{3}{4}$: Wasseraufnahme bei starkem Tau. Verdunstung bei direkter Bestrahlung.

10. IX. 6 $\frac{3}{4}$: Wasseraufnahme bei schwächerem Tau. 7 Uhr: nach 5 Minuten langem Liegen in Wasser. Verdunstung bei direkter Bestrahlung.

11. IX. 5 $\frac{3}{4}$: Aufnahme dampfförmigen Wassers bei bewölktem Himmel. Verdunstung bei meistens trübem Wetter, vor direkter Bestrahlung geschützt.

12. IX. 6 $\frac{3}{4}$: wie am Tage vorher. 7 Uhr: nach 5 Minuten langem Liegen in Wasser. Verdunstung bei trübem und meist regnerischem Wetter.

Der Abstand zweier Teilstriche auf der Abszisse = 1 Stunde, auf der Ordinate = 10 cg.

mächtigen Gonidienschicht leere, aufgeblähte Gonidienhüllen beigemengt sind; hier, aber nur an diesen Punkten, wird das Mark zur Hyponekralschicht. Über der Gonidienzone befindet sich eine an leeren Gonidien sehr reiche Epinekralschicht von gleicher Mächtigkeit wie die Gonidienzone, darüber eine bis $8\ \mu$ mächtige Rinde, und diese endlich ist mit einer völlig homogenen Haut überzogen, die ich die »dichte Haut« nennen möchte. Auf der Höhe der Lagerfelder ist sie bis $50\ \mu$ mächtig, an deren abwärts geneigten Seiten $8\ \mu$. Erst nach Anwendung von Aufquellungsmitteln und nach Zusatz von Zinkchlorid-Jodlösung läßt sie erkennen, daß sie hauptsächlich in ihrer inneren Hälfte aus eng aneinander gepreßten Gonidienhüllen besteht. — Der erzgebirgischen Flechte fehlt die »dichte Haut« und die Epinekralschicht. Ihre Gonidienzone ist mächtiger (bis $67\ \mu$) und das Mark besitzt bei einer Gesamtmächtigkeit von $259\ \mu$ nicht über $171\ \mu$ Dicke. Dafür ist es so reichlich mit leeren Gonidienhüllen durchsetzt, daß man es in seiner Gesamtheit als Hyponekralschicht bezeichnen muß. Darin besteht der einzige Vorteil gegenüber der Tiroler Flechte, die in ihrem Mark und ihrer Epinekralschicht weit mächtigere Wasserspeicher besitzt als ihre erzgebirgische Schwester.

Durch die sogenannte »dichte Haut« wird, wie bei höheren Pflanzen durch die Kutikula oder durch Korkschichten die Abgabe von Wasser verlangsamt. Denn darin besteht der zweite physiologische Vorteil der Tiroler Flechte, daß sie der Abgabe des aufgenommenen Wassers mehr Widerstand entgegensetzt als die erzgebirgische: Ihre Kurve sinkt nur bei direkter Bestrahlung unter Null, aber, mit einer Ausnahme, nie so tief wie die der Erzgebirgsflechte. Bei Beschattung erfolgt das Herabsinken unter Null am 2. August, weil die nächtliche Wasseraufnahme ungewöhnlich gering gewesen war. — Vergleicht man die Gewichtsabnahmen bezogen auf die vorherigen Wasservorräte, so stehen sich folgende Zahlen gegenüber: am 10. September bei direkter Bestrahlung 39,45 und 46,71 %; 57,57 und 80,02 %; 62,96 und 125 %; am Ende des 3. Zeitabschnittes d. h. $1\frac{1}{2}$ Stunde nach der Wasseraufnahme ist die Kurve der erzgebirgischen Flechte bereits 2 mm unter dem Nullpunkte angelangt, während die Tirolerin noch 11 mm über ihr steht

und erst am Ende der 3. Stunde soweit herabgesunken ist wie jene in der halben Zeit. Die übrigen prozentualen Verdunstungswerte finden sich in der 4. Tabelle des Protokollheftes zusammengestellt. Nicht unerwähnt darf bleiben, daß die größere Abgabefähigkeit für Wasser bei der Erzgebirgsflechte sicher zum Teil mit daher rührt, daß sie sich wegen ihrer größeren Dunkelheit bei direkter Bestrahlung stärker erwärmen muß, als das helle Tiroler Lager.

Ein ähnlicher, aber doch wieder anderer Gegensatz besteht zwischen den Lagern von

Lecidea fuscocinerea Nyl. und *L. albocaerulescens* (Wulf.) Schaer., f. *alpina* Schaer.

Das dunkelrotbraune, höckerig-gefelderte Lager der *Lecidea fuscocinerea* vom Granit des Hünengrabes vor Arkona auf Rügen wird bis $504\ \mu$, das grau- bis reinweiße, matte der *L. albocaerulescens* bis $365\ \mu$ mächtig. Das Mark beider Flechten ist ausgeprägtes Hyponekralgewebe mit vielen leeren und weiten Gonidienhüllen bis an den innersten Grund der Querschnitte. Bei *fuscocinerea* ist die Gonidienschicht $110\text{--}160\ \mu$ mächtig, bei *albocaerulescens* $13\text{--}58\ \mu$. Dafür ist die Rinde jener nur halb so dick wie die von *L. albocaerulescens* und enthält gar keine leeren Gonidienhüllen, während die der letzteren Flechte in ihrer inneren Hälfte reich an ihnen ist und darum als Epinekralschicht bezeichnet werden muß. Ein »dichtes Häutchen« fehlt ihr, dagegen kann als Andeutung eines solchen der $4\text{--}6\ \mu$ mächtige, helle Saum angesehen werden, der über der Rinde von *fuscocinerea* hinzieht.

Die Aufnahmefähigkeit für Wasser ergibt sich aus folgenden Zuwachszahlen: an 3 verschiedenen Tagen zeigte *fuscocinerea* 15,23 und 9 cg Gewichtszunahme, *albocaerulescens* an den gleichen Tagen 8,5, 17 und 7 cg. Bloß eine Ausnahme ist am 7. Juli beobachtet worden, wo das Gewichtsverhältnis $12:17,5$ gewesen ist. — Bei andauerndem Regen ist der Unterschied noch auffälliger: Die Zuwachsgrößen verhielten sich in den beiden ersten Stunden wie $56:18$, in den 3 nächsten wie $48:32$, in den 12 folgenden wie $24:19$. Auf 1 Stunde umgerechnet, beträgt das für *L. fuscocinerea* 28, 16,2 cg, für *albocaerulescens* 9, $10^2/3$, $17/12$ cg. Aus der Zusammenstellung ergibt

sich, daß *fuscocinerea* von Anfang bis zu Ende der *albocaerulescens* in den absoluten Mengen aufgenommenen Regens überlegen bleibt, daß aber bei ersterer die stündliche Abnahme der Zuwachswerte schneller erfolgt als bei letzterer.

Das Festhaltungsvermögen für Wasser ist bei *Lecidea fuscocinerea* um ebensoviel kleiner, als sein Aufnahmevermögen größer ist. Deshalb schneidet ihre absteigende Kurve nach dem 17stündigen Regen die der Vergleichsflechte noch im Laufe des Vormittags, verläuft dann tief unter ihr und sinkt sogar einige mm unter die Nulllinie herab, wogegen die von *albocaerulescens* hoch über ihr bleibt. In den folgenden Tagen bewegt sich die *Fuscocinereakurve* bei direkter Bestrahlung dauernd unter der Nulllinie, tritt am 11. August nach schwachem Tau bis an sie heran, überschreitet sie nach starkem Tau am 9. und 10. August, erreicht aber nie die Höhe der *Albocaerulescenskurve*, die nur an einem Tag bis zur Nulllinie herabsinkt und sie am nächsten bei andauernder Bestrahlung sogar einmal um etliche mm überschreitet. Der Grund für die größere Aufnahmefähigkeit ist ohne Zweifel in der fast doppelt so großen Mächtigkeit der Hyponekralschicht zu suchen, über die *L. fuscocinerea* verfügt, der für das größere Festhaltungsvermögen der *L. albocaerulescens* darin, daß sie eine Epinekralschicht und mit ihr zusammen eine 2—3 mal so dicke Rinde hat, wie jene und sicher auch darin, daß sie mit ihrer hellen Färbung die Wärmestrahlen nicht in demselben Grade verschluckt, wie die rotbraune Rügenschle Flechte.

Viel geringer ist der Gegensatz zwischen den beiden Kiesel flechten *Aspicilia silvatica* Zwackh und *A. laevata* (Ach.) Arn., f. *albicans* Arn. Der Thallus der *Aspicilia silvatica* ist im Mittel 225 μ mächtig; davon kommen auf die Rinde 38 μ , auf die Gonidienschicht 53 μ , auf das Mark 134 μ ; bei *A. laevata* betragen die 4 Werte in derselben Reihenfolge aufgeführt: 486 μ , 74,7 μ , 86,4 μ und 325 μ . Die Rinde von *A. silvatica* ist ungewöhnlich dicht gebaut: zu äußerst besitzt sie ein 6—8 μ mächtiges »dichtes Häutchen«, darunter eine 5 schichtige Lage isodiametrischer, dickwandiger, sehr enghöhliger Zellen, die unmittelbar in die auffallend dichte und zellenreiche Gonidienzone übergehen. Bei *A. laevata* dagegen

fehlt das »dicke Häutchen«; die Rinde ähnelt der von *A. silvatica*, wird jedoch durch eine etwa 20μ mächtige, lockerfilzartige Hyphenschicht unterlagert, die den Übergang zu der ebenfalls sehr lückenreichen und ungewöhnlich mächtigen (bis $127,8\mu$) Gonidienzone bildet. Das Mark ist in seiner ganzen Dicke echtes Hyponekralgewebe mit zahlreichen leeren, unzusammengedrückten Gonidienhüllen. Ob diese bei *A. silvatica* auch bis zum Grunde des Marks reichen, ist nicht erkennbar, weil es in seiner inneren Hälfte braun gefärbt ist.

Dem lockeren und lückenreicheren Bau, sowie der größeren Mächtigkeit ihres Lagers entspricht es, daß *A. laevata* ein größeres Aufnahmevermögen für Wasser besitzt, wogegen ihr Festhaltungsvermögen geringer ist als bei *A. silvatica*, was sich allerdings bloß bei direkter Bestrahlung in auffälligerem Grade äußert: dann sinkt die *Laevata*-kurve schon in den ersten Morgenstunden unter die *Silvatica*-kurve herab und bleibt unter ihr, so lange die Bestrahlung anhält. Wenn diese aufhört, hebt sich die *Laevata*-kurve infolge der Absorption von Wasserdampf allmählich, nähert sich ihr in den Abendstunden beträchtlich und erreicht oder überschreitet sie im Verlaufe der Nacht bei bewölktem Himmel (2. August). Nach $\frac{1}{4}$ stündigem, heftigen Gewitterregen am Abend des 28. August hat *A. laevata* 49 cg, *silvatica* 36 cg Wasser aufgenommen. Im Laufe der darauffolgenden Nacht verliert jene 40 cg, diese 32 cg. Infolgedessen liegt die *Laevata*-kurve nicht mehr $\frac{1}{4}$, wie im vorangegangenen Abend, sondern wie bei der ersten Wägung am 29. August, bloß noch 4 mm über der *Silvatica*-kurve und schneidet diese schon in der zweiten Morgenstunde, nachdem die Sonnenstrahlen etwa 1 Stunde lang auf beide Flechten unmittelbar eingewirkt hatten, um im Laufe des Nachmittags volle 7 mm unter die Nulllinie und die *Silvatica*-kurve hinabzugehen. Allein durch Aufnahme von Wasserdampf nähert sie sich ihr beim Liegen im Nordzimmer bis 7 Uhr abends um 4 mm und erreicht sie im Laufe der Nacht, unter der bedachten Veranda vor andauerndem Regen geschützt. In derselben Zeit ist *Asp. silvatica* nur um 1 cg schwerer geworden, ihre Aufnahmefähigkeit für Wasserdampf ist demnach 7 mal geringer als die der Tiroler Flechte. Trotzdem liegt

die *Silvaticakurve* am Morgen des 30. August noch 1 mm über der *Laevatakurve* und bleibt in den 3 nächsten regenlosen Tagen auch 1—4 mm über ihr, außer in den Nächten. In diesen steigt durch Aufnahme von Tau letztere Kurve 1—2 mm über erstere, um alsbald wieder unter sie und meist auch unter die Nullinie herabzusinken und zwar bei Beschattung bis 2,5 mm, bei direkter Bestrahlung bis zu 6 mm. Aber auch die *Silvaticakurve* hat an 2 Tagen (15. und 29. Juli) unter die Nullinie, wenn auch nur 1—2,5 mm hinabsinken können, weil der direkten Bestrahlung sehr mäßige nächtliche Wasserversorgung vorausgegangen war. Sie bleibt jedoch am 29. Juli auf der Nullinie trotz direkter Bestrahlung und 44° höchster Gesteinstemperatur, weil sie durch einen nächtlichen Regen reichlich mit Wasser versorgt worden war. — Abgesehen von diesen Differenzen verlaufen die beiden Kurven so nahe beieinander, auf große Strecken hin fast parallel, wie ich es noch bei keinem anderen gleichzeitig untersuchten Flechtenpaar gefunden habe. Die größere Aufnahmefähigkeit der *Asp. laevata* wird durch die geringere Widerstandsfähigkeit gegen Verdunstung völlig ausgeglichen.

Vergleichung von Kiesel- mit Kalkflechten.

Die drei zuletzt besprochenen Versuchsreihen mit Kiesel flechten zeigen zur Genüge, daß diese Abteilung der Krustenflechten nicht allein großes Aufnahmevermögen für Wasser aller Art, sondern auch großes, wenn auch bei den einzelnen Arten sehr verschiedenes Widerstandsvermögen gegen dessen Abgabe besitzt. Ob sie in der einen oder anderen Eigenschaft den Kalkflechten überlegen sind, ist zuletzt noch durch eine Versuchsreihe ermittelt worden, bei welcher die aufnahmefähigste Kieselflechte, *Lecanora badia* (Tirol), mit der aufnahmefähigsten Kalkflechte, dem Münchener *Amphoridium Hochstetteri*, und außerdem mit einer Kalkflechte von mittlerer Aufnahmefähigkeit, der kroatischen *Verrucaria calciseda*, geprüft worden sind. Die Versuche sind in Taf. 4 veranschaulicht und ergaben für Tau eine Gewichtszunahme von 37:21,5:12, ein andermal von 40,5:18,8:14, für Regen = 60:44,5:23, für künstlich zugeführtes Wasser = 68,5:64:35 cg, für Wasserdampf = 8,8:7,5:2,5 cg. *Lecanora badia* über-

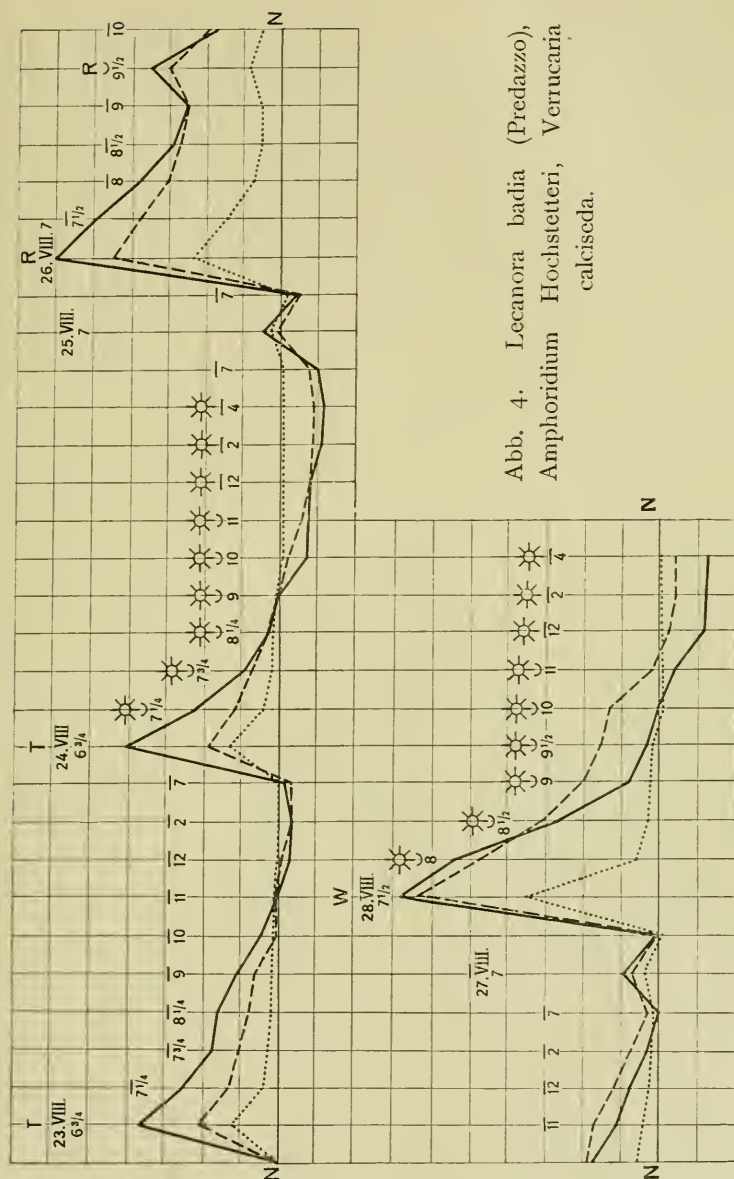


Abb. 4. *Lecanora badia* (Predazzo),
Amphoridium Hochstetteri, *Verrucaria*
calciseda.

trifft demnach an Aufnahmefähigkeit *Amphoridium Hochstetteri* etwas, *Verrucaria calciseda* ganz bedeutend. Der Widerstand gegen die Abgabe des aufgenommenen Wassers ist, nach den Kurven zu urteilen, bei

Verrucaria calciseda am größten; denn die *Calciseda*-kurve bleibt bei Beschattung stets über der Nulllinie, wenn (23. August) die der beiden anderen Flechten unter sie herabsinken, die des *Amphoridium* um 12 Uhr, die der *Lecanora* bereits um 11 Uhr. Bei direkter Bestrahlung (24. und 28. August) sinkt die *Calciseda*-kurve auch um 1 mm unter Null herab, aber die *Amphoridium*-kurve nach Tau (24. August) um 9, nach künstlicher Bewässerung (28. August) um 4 mm, die *Lecanora*-kurve an beiden Tagen um 12 mm. Daraus geht unzweifelhaft hervor, daß *Amphoridium* seinen größeren und *Lecanora* ihren noch größeren Wasservorrat leichter abgeben als *Verrucaria* ihren kleinen Vorrat, es besagt aber nichts über die Widerstandsfähigkeit gegen die Abgabe des neu aufgenommenen Wassers. Darüber geben die prozentualen Abnahmegrößen, die sich in der 3. Tabelle am Schluß des Protokollheftes zusammengestellt finden, Aufschluß: Für *Verrucaria calciseda* sind sie in der ersten oder in der ersten und zweiten Morgenhalbstunde am größten, werden aber später kleiner als bei den beiden anderen Arten. Mit anderen Worten: bei hoher Wasseraufnahme hat die *Verrucaria* den geringsten, bei niedrigem Wassergehalt den höchsten Widerstand gegen die Abgabe des Wassers. Das hängt damit zusammen, daß sie größere Wassermengen, die von den beiden Vergleichsflechten vollständig verschluckt werden, nicht in sich aufnehmen kann; sie adhärieren bloß oberflächlich, wie auch daraus ersichtlich ist, daß die Flechte nach sehr starkem Tau glänzt, und sie verdunsten darum schneller als bei der *Lecanora* und dem *Amphoridium*, deren Lager auch nach stärkstem Tau matt aussehen. — Die prozentualen Abnahmegrößen von *Lecanora* und *Amphoridium* wechseln etwas, sind aber bei dieser meist kleiner als bei jener. Damit stimmt es auch wohl überein, daß die *Amphoridium*-kurve von der *Lecanora*-kurve bei direkter Bestrahlung bereits in den ersten, bei Beschattung in den späten Vormittagsstunden geschnitten wird. Das Festhaltensvermögen für neu aufgenommenes Wasser ist folglich bei der aufnahmefähigsten Kiesel- und Kalkflechte geringer als bei der aufnahmefähigsten Kalkflechte.

Die Kieselflechten besitzen, wie aus den vorausgegangenen Darlegungen, den Protokollen und Kurventafeln ersichtlich ist, ein hohes Aufnahmevermögen für Wasserdampf, Tau und Regen, ja sie übertreffen darin noch die Kalkflechten. Wie bei diesen, ist jedoch auch ihr Aufnahmevermögen beschränkt; wenn sie erst eine bestimmte Menge Wasser aufgenommen haben, steht der spätere Gewichtszuwachs in keinem Verhältnis zu der Menge des nachträglich gebotenen Regens. Daß sie soviel Wasser aufnehmen können, verdanken sie in erster Linie der Mächtigkeit ihres Markes, ganz besonders, wenn es mit vielen leeren Gonidienhüllen durchsetzt ist, d. h. wie fast immer, als Hyponekralschicht auftritt. Unterstützt wird deren Tätigkeit immer von der Gonidienschicht, zumal wenn sie locker gebaut ist, bei manchen auch noch von einer Epinekralschicht. Die Bedeutung dieser Nekralschichten wird erst ins rechte Licht gerückt, wenn man berücksichtigt, daß den Wasserflechten (*Verrucaria chlorotica*, *praetermissa* u. a.) beide fehlen; sie haben sie nicht nötig, weil sie an ihren Standorten immer mit fließendem Wasser versorgt werden. — Daraus folgt aber auch, daß es ein Irrtum ist, aus dem fast regelmäßigen Vorkommen leerer Gonidienhüllen im Lager der Kieselflechten auf ein parasitäres Verhältnis zwischen Flechtenhyphe und Algenzelle zu schließen. Die Entstehung der Nekralschichten, dieser Gemenge von inhaltsleeren Gonidien und Hyphen, ist nichts als ein besonderer Fall der im Pflanzenreich verbreiteten Erscheinung, die von Doflein¹ mit dem Namen »partieller Stoffwechseltod« belegt worden ist. In der Zone der lebenden Gonidien herrscht unzweifelhafte mutualistische Symbiose zwischen ihnen und den Umhüllungshyphen. Nachdem beide abgestorben sind, leisten sie als Wasserspeicher ersten Ranges dem weiter außen liegenden lebenden Teil der Flechte den wesentlichsten Dienst. — Die oben erwähnten Wasserflechten entbehren auch der Rinde und des dichten Häutchens, der beiden Organe, durch welche die Verdunstung herabgesetzt wird. Freilich ist deren Wirksamkeit nicht allzu groß; denn der Widerstand gegen die Abgabe der neu aufgenommenen Flüssigkeit und ebenso des

¹) Doflein, Franz, Das Problem des Todes und der Unsterblichkeit bei den Pflanzen und Tieren. Jena. 1919.

stehenden Wasservorrats ist auch bei den Kieselflechten, denen beide Einrichtungen zukommen, geringer als bei den Kalkflechten. Für die endolithischen Kalkflechten ist demnach die Versenkung in den Kalk von höchstem Wert, weil dadurch ihre Fähigkeit, Wasser aufzunehmen und festzuhalten, gesteigert wird.

Das tägliche Leben der Krustenflechten gestaltet sich nach den vorliegenden Wägungen folgendermaßen: Bei klarem, reglosem Sommerwetter nehmen die Flechten nachts über viel Tau auf und geben diesen im Laufe jedes Vormittags wieder ab, bei direkter Bestrahlung bereits nach 2 Stunden, bei Beschattung erst nach etwa 4 Stunden. Geht man von der Voraussetzung aus, daß die Flechten, sobald ihre Kurve auf der Nulllinie angelangt ist, wegen Mangels an reichlicher Feuchtigkeit in die Trockenstarre versinken, so würden ihnen während solcher Zeiten nur die 2—4 ersten Vormittagsstunden zur Ausübung von assimilatorischer Tätigkeit verbleiben. — Sind sie dagegen durch Regen reichlicher mit Wasser versorgt worden, so kann bei direkter Bestrahlung ihre Kurve in 3—4 Stunden bis auf die Nulllinie herabsinken, im Schatten behalten sie kleine Mengen des neu aufgenommenen Wassers bis zur letzten Abendstunde, bei regnerischer Witterung sogar größere Mengen mehrere Tage lang, so daß sie assimilieren können, solange die Sonne hinter den Wolken scheint.

Bei kühlerem Wetter, wie es in den letzten August- und Septembertagen geherrscht hat, verlieren (Kurventaf. 2, 3 und 4) nur die abgabefreudigsten Flechten (*Jonaspis Prevostii* u. a.) das neu aufgenommene Wasser gänzlich, bei direkter Bestrahlung in den ersten, bei Beschattung in den letzten Nachmittagsstunden; Flechten mit größerer Widerstandsfähigkeit gegen Verdunstung lassen ihre Kurve überhaupt nicht bis zur Nulllinie herabsinken. Für den Früh- und Spätsommer, sowie für den Herbst kann man deshalb annehmen, daß die Krustenflechten assimilieren, solange sie vom Tageslicht getroffen werden. Als die Flechten *Gyalecta cupularis*, *Jonaspis Prevostii* und *Verrucaria calciseda* vom Abend des 2. bis zum Morgen des 6. September beständig an einer offenen Stelle des Gartens gelegen hatten, war ihre Kurve nie bis zur Nulllinie herabgesunken, obwohl in der ersten Nacht gar kein Tau ge-

fallen war, in den 3 nächsten nur schwacher. Das Gegenstück hierzu veranschaulicht Tafel 1a: die Flechten *Amphoridium Hochstetteri* und *Verrucaria marmorea* waren vom 18.—23. August ununterbrochen auf der bedachten Veranda ausgelegt, während es nachtsüber mehrmals stark getaut hatte. Unter dem Verandadach haben sie sich nicht so stark abkühlen können, daß es auf ihnen zur Taubildung gekommen wäre; sie haben bloß dampfförmiges Wasser aufnehmen können und deshalb erheben sich ihre Kurven gar nicht oder nur wenig über die Nullinie, um alsbald wieder unter sie herabzusinken. Diese unnatürliche Bedingung ist in der Natur gegeben, wenn flechtenbewohnte Felsen oder Steinblöcke allmählich von Gebüsch oder Wald überwuchert werden. Die Krustenflechten fangen an zu kümmern und gehen schließlich ganz ein, nicht sowohl aus Mangel an Licht, sondern wegen unzureichender Versorgung mit Feuchtigkeit.

Dringend wünschenswert wäre es, wenn an physiologischen Instituten assimilatorische Versuche mit Krustenflechten durchgeführt würden, wofür sich *Diploschistes scruposus* (L.) mit seiner Varietät *bryophilus* Ehrh. wegen seines häufigen Vorkommens und seiner mächtigen Hyponekralschicht besonders gut eignen dürfte.

Bedeutung der in den Kurventafeln 1, 1a und 4 über den Stunden- zahlen befindlichen Zeichen:

Wagrecht Strich = bedachter Teil der Veranda.

Wagrecht Strich mit herabgebogenen Enden = eines der Zimmer, früh bis 9 und mittags 11—2 Südzimmer, 2—4 oder 4½ Westzimmer, nach dieser Zeit Nordzimmer.

Nach oben offener Bogen = unbedachter Teil der Veranda.

a = abends. N = Nullinie. O = Wärmeschränkchen. R = Regen. T = starker Tau. t = schwacher Tau. W = künstliche Bewässerung.

Ganzes Sonnenbildchen = ununterbrochene direkte Bestrahlung von der voranstehenden Stundenzahl an.

Halbes Sonnenbildchen = direkte Bestrahlung ist zeitweise durch Wolken unterbrochen.

Bei der Schriftleitung sind hinterlegt: ein Heft mit Protokollen und Tabellen, Kurventafeln zu *Verrucaria calciseda* mit Kontrollkalk, zu *Aspicilia farinosa* mit Kontrollkalk, zu *Lecanora badia* aus Tirol und aus dem Erzgebirge (Juliversuche), zu *Lecidea fuscocinerea* mit *L. albocaerulescens* und zu *Aspicilia silvatica* mit *A. laevata*.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für Botanik](#)

Jahr/Year: 1922

Band/Volume: [14](#)

Autor(en)/Author(s): Bachmann E.

Artikel/Article: [Zur Physiologie der Krustenflechten. 193-233](#)